



31156008101092

Département de géographie et télédétection  
Faculté des lettres et sciences humaines  
Université de Sherbrooke

Étude géoscientifique pour la détermination  
et l'intégration des contraintes physiques à l'aménagement  
dans la région de Coaticook

par  
Donald Corriveau

Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maître ès science  
(M.Sc.) en géographie

16 avril, 1999

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE  
BIBLIOTHÈQUE - CARTOTHÈQUE

HT  
395  
C31C55  
1999  
C

© Donald Corriveau, 1999

Directeur de recherche : André Poulin

Membres du jury :

Jean-Marie M. Dubois (Département de géographie et de télédétection, Université de Sherbrooke)

Pierre Mailhot (CIMA Plus, Sherbrooke)



*J'aurais voulu être rocher,  
pour avoir été taillé par les grands glaciers,  
pour avoir vu, la vie sur terre, évoluer.*

*J'aurais voulu être rivière,  
pour parcourir, jusqu'à lac et mer,  
dévalant montagne ou explorant sous terre.*

*J'aurais voulu être arbre, océan,  
île, volcan, chute, plage ou pré,  
caverne, fleur, marais, falaise et marée.*

*J'aurais voulu... Mais plus maintenant !  
La terre nous a tout donné en guise d'amitié.  
Pourquoi, sans cesse la bouleverser ?*

## Résumé

L'aménagiste doit, de nos jours, prendre de plus en plus conscience de la protection de l'environnement. Les stratégies de gestion du territoire qu'il adopte doivent être élaborées en vue d'assurer un développement durable. Dans cette étude, nous présentons une méthode permettant aux intervenants municipaux de tenir compte des caractéristiques physiques du territoire dans leur plan d'aménagement. La méthode vise à fournir un outil de planification du territoire peu coûteux, tout en conservant un esprit de protection de l'environnement et de sécurité publique. L'étude nous permettra ainsi d'obtenir une description détaillée du territoire dans le but de déterminer les contraintes physiques à l'aménagement.

Une banque d'information géoscientifique a été dressée sur un système d'information géographique (SIG), à partir de données tirées des rapports de puits et forages, des rapports géotechniques et d'observations de terrain. L'analyse et le traitement de ces données, complétés par une étude de terrain, ont servi à produire une carte des pentes, des dépôts meubles, d'épaisseur des dépôts et des risques naturels. Les contraintes recherchées se concentrent strictement sur le milieu physique, plus particulièrement sur le sol comme support à l'aménagement, c'est-à-dire la topographie, les formations meubles, les risques naturels et de l'hydrographie. Les facteurs de contraintes ont été définis selon les principaux types d'affectation retrouvés en milieu urbain et périurbain. La région de Coaticook a été choisie pour mener notre recherche. L'étude rassemble, par zone, les contraintes à l'aménagement du milieu physique. On y révèle la présence de milieux instables dans les dépôts à stratigraphie complexe bordant la rive Est de la rivière Coaticook ainsi que d'autres secteurs de la région inaptes à l'aménagement. Finalement, cette étude nous permet d'identifier les zones dont les propriétés du terrain sont incompatibles avec certaines activités urbaines et périurbaines.

## Table des matières

Liste des tableaux .....	III
Liste des figures .....	IV
Liste des annexes .....	V
Remerciements .....	VI
1. Introduction .....	1
1.1. Problématique .....	1
1.2. Hypothèses .....	3
1.3. Objectifs de la recherche .....	3
1.4. Portée pratique de l'étude .....	4
2. Méthodologie .....	5
2.1. Recherche bibliographique .....	5
2.2. Acquisition des données .....	6
2.3. Photo-interprétation .....	8
2.4. Travaux de terrain .....	8
2.5. Traitement, analyse et représentation cartographique .....	9
2.6. Identification des zones de contraintes .....	9
3. Région de Coaticook .....	10
3.1. Site d'étude .....	10
3.2. Travaux antérieurs sur la région de Coaticook .....	12
3.2.1. Physiographie .....	13
3.2.2. Géologie .....	14
3.2.3. Histoire du Quaternaire .....	15
3.2.4. Géomorphologie et stratigraphie .....	17
4. Détermination des facteurs de contrainte .....	22
4.1. Facteurs topographiques .....	22
4.1.1. Pente .....	23
4.1.2. Uniformité du relief .....	26
4.2. Propriétés des dépôts meubles .....	27
4.2.1. Propriétés des matériaux .....	28
a) Perméabilité .....	30

b) Compressibilité et compacité .....	31
c) Capacité portante .....	32
d) Susceptibilité au gel .....	34
4.2.2. Nature des dépôts .....	34
4.2.3. Épaisseur des dépôts et stratigraphie .....	35
4.3. Zones à risques.....	36
4.3.1. Érosion hydrique.....	37
4.3.2. Mouvements de masse .....	37
4.3.3. Inondations .....	39
4.4. Hydrographie .....	40
4.4.1. Drainage.....	41
4.4.2. Eaux souterraines.....	42
4.5. Synthèse des facteurs de contrainte .....	43
5. Analyse du territoire.....	47
5.1. Localisation des données.....	47
5.2. Méthode d'analyse topographique .....	49
5.3. Topographie .....	50
5.4. Méthode d'analyse de l'épaisseur des dépôts meubles .....	53
5.5. Tendance de l'épaisseur des dépôts meubles .....	53
5.6. Méthode d'analyse des risques naturels et des dépôts meubles .....	56
5.7. Risques naturels .....	57
6. Caractérisation du territoire .....	61
6.1. Propriétés des dépôts .....	61
6.1.1. Sédiments glaciaires .....	61
6.1.2. Sédiments glaciolacustres .....	64
6.1.3. Sédiments fluvioglaciaires .....	66
6.1.4. Sédiments récents.....	66
6.2. Délimitation des zones de contraintes.....	67
6.2.1. Zones 1 .....	67
6.2.2. Zones 2 .....	70
6.2.3. Zones 3 .....	70
6.2.4. Zones 4 .....	71
6.2.5. Zones 5 .....	72
6.2.6. Zones 6 .....	73
7. Conclusion.....	74
8. Références .....	78



## Liste des tableaux

Tableau 1 : Stratigraphie des sédiments quaternaires de la région de Coaticook.....	18
Tableau 2 : Limites de pentes significatives en aménagement du territoire .....	24
Tableau 3 : Classification des sols granulaires utilisée par le MRN .....	29
Tableau 4 : Perméabilité des dépôts meubles.....	31
Tableau 5 : Compacité des matériaux .....	32
Tableau 6 : Pression admissible de divers types de sols.....	33
Tableau 7 : Contraintes relatives à la profondeur du substratum rocheux .....	36
Tableau 8 : Intensité des principaux facteurs susceptibles de provoquer des glissements de terrain.....	38
Tableau 9 : Angles de repos de différents matériaux.....	39
Tableau 10 :Classes de drainage des sols .....	41
Tableau 11 :Caractéristiques des facteurs de contrainte pour l'affectation d'activités résidentielles sur le territoire.....	45
Tableau 12 :Caractéristique des facteurs de contrainte pour l'affectation d'activités commerciales et industrielles sur le territoire .....	45
Tableau 13 :Caractéristique des facteurs de contrainte pour l'affectation d'activités agricoles sur le territoire .....	46
Tableau 14 :Caractéristique des facteurs de contrainte pour l'affectation d'activités récréatives sur le territoire .....	46
Tableau 15 :Légende de la carte des zones de contraintes à l'aménagement.....	68

## Liste des figures

Figure 1 : Méthodologie pour la détermination des zones de contraintes à l'aménagement.....	5
Figure 2 : Localisation du territoire à l'étude : région de Coaticook.....	11
Figure 3 : Coupe étudiée par McDonald (M-64-129), en bordure du ruisseau du Pont rouge.....	20
Figure 4 : Sédiments stratifiés d'origine glaciolacustre déposés sur les sédiments fluvioglaciaires (esker).....	20
Figure 5 : Gravière en exploitation dans des sédiments d'origine deltaïque située sur le versant Est de la rivière Coaticook.....	21
Figure 6 : Propriétés de divers types de matériaux.....	29
Figure 7 : Tronc écorché par les glaces lors de la montée des eaux. ....	40
Figure 8 : Carte de la localisation des données : région de Coaticook.....	48
Figure 9 : Carte des pentes, région de Coaticook : région de Coaticook .....	52
Figure 10 : Carte de la tendance de l'épaisseur des dépôts : région de Coaticook.....	55
Figure 11 : Arbres inclinés et trace de boue sur le tronc indiquant l'ampleur d'un glissement de terrain (parc de la Gorge, sur le talus derrière la polyvalente).....	57
Figure 12 : Carte des risques naturels : région de Coaticook .....	58
Figure 13 : Exemple de ravinement affectant le versant oriental de la vallée de la rivière Coaticook.....	59
Figure 14 : Solifluxion ayant entraîné le bris d'une clôture.....	60
Figure 15 : Glissement de terrain survenu à l'été 1996, dans le talus situé derrière la piste d'athlétisme (parc de la Gorge). ....	60

Figure 16 : Pente d'équilibre non respectée dans des dépôts fluvioglaciaires. ....	62
Figure 17 : Décrochement de la parois d'un fossé excavé dans des dépôts de sable et silt glaciolacustres. ....	62
Figure 18 : Cartes des dépôts meubles : région de Coaticook.....	63
Figure 19 : Ruisseau s'écoulant dans les argiles en bordure de la route 141. ....	65
Figure 20 : Carte des zones de contraintes à l'aménagement : région de Coaticook.....	69
Figure 21 : Phénomène de suffosion observé en bordure de la route 141 au sud- est de la ville de Coaticook. ....	71
Figure 22 : Excavation exécutée dans les argiles rendant les sédiments très instables. ....	72

## Liste des annexes

Annexe 1 : Coupes stratigraphiques décrites par McDonald (1967) dans la région de Coaticook .....	83
Annexe 2 : Grille d'interprétation des dépôts meubles .....	86
Annexe 3 : Colonnes stratigraphiques des puits et forages de la région de Coaticook .....	90

## Remerciements

Au terme de ce mémoire, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude à monsieur André Poulin, directeur de ce mémoire qui, même à sa retraite, n'a cessé de m'apporter son aide, son soutien et ses conseils judicieux. Je désire de même le remercier de m'avoir transmis son intérêt pour la géomorphologie et les sciences.

Je souhaite remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont offert de l'aide d'une façon ou d'une autre. Je tiens à souligner tous les membres de ma famille pour leur soutien constant, ma sœur Martine pour avoir lu et relu ce mémoire et messieurs Stéphane Meloche et Gérard Larocque pour leur aide sur le terrain. Je tiens expressément à remercier Pascal Bernatchez et Audrey Faucher avec qui les nombreux échanges furent pour moi très stimulants, ainsi que tous mes autres collègues de maîtrise.

Finalement, je souhaite exprimer ma reconnaissance envers tous les organismes qui m'ont consentis l'accès à leurs informations, particulièrement la municipalité de Coaticook ainsi que les Laboratoires Shermont. Je tiens également à remercier le Département de géographie et télédétection de l'Université de Sherbrooke pour m'avoir fourni les outils informatiques nécessaires et le Fonds pour la formation de chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR) pour son soutien financier.



# 1. Introduction

## 1.1. Problématique

Encore de nos jours, les stratégies de gestion du territoire tiennent rarement compte des caractéristiques physiques du terrain. L'accent est plutôt mis sur la façon dont le milieu humain fonctionne et non sur les particularités du milieu physique. Bref, très peu de projets d'aménagement du territoire mettent en relation les caractéristiques physiques du terrain et l'affectation du territoire. En général, on se préoccupe des propriétés physiques du sol seulement lors de projets d'aménagement ponctuels, tel l'érection d'un bâtiment industriel ou d'un entrepôt à grande surface, par le biais d'études géotechniques. Panet (1980) abonde dans ce sens en reconnaissant que la connaissance du sol est malheureusement trop souvent délaissée en ce qui a trait aux opérations d'aménagement du territoire. À noter que le terme « sol » est utilisé dans cette recherche comme la surface de terrain sur laquelle repose l'aménagement, c'est-à-dire comme surface de support à l'aménagement, et non dans son sens pédologique. Les informations tirées du milieu physique peuvent nous permettre de limiter les impacts défavorables sur l'environnement, les coûts de réalisation et les conséquences des risques naturels (mouvements de terrain, inondations). Ces derniers sont, selon le ministère de l'Environnement du Québec (1982), des contraintes majeures à l'aménagement et au développement. En localisant les contraintes à l'aménagement des zones urbaine et périurbaine, on peut ainsi mieux adapter l'affectation du territoire au milieu naturel ou prévoir des aménagements en conséquences.

Il faut souligner les efforts qui ont été faits par certains centres de recherches, notamment le Bureau de recherches géologiques et minières de France (Monition, 1980). Ce dernier a pris conscience de l'importance des formations superficielles pour des domaines appliqués comme l'aménagement et le génie civil, en adaptant mieux leurs cartes à ceux-ci (Campy et Macaire 1989). Théberge (1986) a également pris conscience de l'importance d'une connaissance du sol pour la

planification du territoire. Il a suivi une méthodologie s'apparentant à celle de Maranda (1977), afin de présenter une cartographie géotechnique dans la région de Gatineau-Aylmer-Hull. Ce type de méthode s'avère toutefois souvent trop technique pour les aménagistes municipaux et relativement coûteux et long à produire, étant donné la réalisation d'études géotechniques.

En vue d'améliorer la gestion du territoire, il devient donc intéressant de fournir aux aménagistes les informations leur permettant de planifier l'aménagement en tenant compte des contraintes physiques du terrain. Scott et St-Onge (1971) définissent l'étude géoscientifique comme étant un rassemblement d'informations nécessaires à la production d'un modèle géologique. Selon ces mêmes auteurs, la réalisation d'un modèle géologique est un élément essentiel dans l'élaboration d'un plan directeur en vue de l'aménagement d'un territoire. Bélanger et Harrison (1980) ont utilisé cette méthode pour monter une banque de données géotechniques provenant de forages et de relevés sismiques, afin de démontrer l'utilité de l'information géoscientifique en aménagement régional. Leur étude est basée principalement sur des informations existantes. Par ailleurs, la géoscience est un domaine de plus en plus utilisé en gestion du territoire (McCall *et al.*, 1996 ; Stow et McCall, 1996).

Un bon nombre d'informations décrivant les caractéristiques physiques d'une région peuvent ainsi être recueillies avec l'aide de données déjà prélevées sur le terrain (forages, levées piezométriques, rapports géotechniques, etc.). De plus, une quantité abondante de données est accessible à travers différents travaux portant sur le territoire visé (rapport géologique, carte des dépôts meubles, etc.). On doit tenir compte que la disponibilité des données et des travaux relatifs au sol est très importante dans une telle étude. La précision des résultats dépend de la concentration et de la répartition des données accessibles sur le site d'étude. Les principaux éléments à recueillir concernent le profil du terrain, la profondeur du substratum rocheux et de la nappe phréatique, la nature des dépôts meubles, le comportement des matériaux ainsi que la dynamique des processus d'érosion.

Reste donc à savoir si les données tirées de ces travaux, associées à des observations faites sur le terrain et sur photographies aériennes, permettront de faire ressortir les principales contraintes physiques à l'aménagement et de définir l'aptitude des sols à être aménagés.

## 1.2. Hypothèses

- 1) À partir d'informations recueillies à travers divers études et rapports antérieurs sur la région de Coaticook, on peut évaluer certaines propriétés des sédiments sans effectuer d'études géotechniques supplémentaires.
- 2) La compilation d'informations géoscientifiques sur la région complétée d'observations sur le terrain et sur photographies aériennes permet d'identifier les contraintes physiques à l'aménagement sur le territoire.
- 3) La région de Coaticook possède des zones pouvant difficilement accueillir certains aménagements en raison de propriétés du territoire incompatibles avec l'implantation d'infrastructures.

## 1.3. Objectifs de la recherche

L'étude a pour objectif général d'identifier et de délimiter des zones de contraintes physiques à l'aménagement dans la région de Coaticook à l'aide d'informations géoscientifiques, et ce, dans le but de développer un outil simple d'aménagement intégré à l'environnement utile aux petites municipalités. Elle permettra ainsi une meilleure gestion du territoire, afin d'augmenter la qualité de vie de la population et de limiter les dommages causés à l'environnement par la réalisation de mauvais aménagements.

Afin d'atteindre notre objectif général, nous avons déterminé les objectifs spécifiques suivants:



- monter une banque de données portant sur les caractéristiques du sol de la région de Coaticook, à partir de données de terrain déjà existantes appuyées d'études de terrain ;
- évaluer les propriétés géotechniques des sols constituant la région d'étude (perméabilité, capacité portante, susceptibilité au gel, etc.) ;
- définir et localiser les contraintes du sol, à partir des différents facteurs qui les régissent, soit les caractéristiques physiques du territoire et les propriétés géotechniques des sols.

#### 1.4. Portée pratique de l'étude

Cette recherche permettra de fournir aux aménagistes municipaux et à tous autres gestionnaires du territoire, un outil complémentaire de gestion tenant compte des particularités physiques du milieu. La recherche confirmera que les contraintes liées aux caractéristiques physiques du territoire, comprenant les zones à risques naturels, doivent être prises en considération avant l'élaboration de tout plan définitif de développement ou d'aménagement. De cette façon, les complications issues d'un aménagement peu planifié du territoire, dues à un manque d'informations sur le milieu, pourront être évitées. Nous espérons que l'étude contribuera à améliorer les méthodes de gestion municipale en intégrant l'aménagement à l'environnement dans une vision de développement durable.

D'autre part, les résultats de la recherche contribueront à acquérir une meilleure connaissance du milieu naturel dans la région de Coaticook. Elle permettra ainsi de mieux comprendre les faiblesses du territoire relatives aux propriétés physiques du sol. De plus, le regroupement des informations sur les caractéristiques géotechniques, géologiques, géomorphologiques et hydraulique de la région rendra l'information accessible à toute personne intéressée. La représentation des éléments physiques du territoire sous forme cartographique, simplifiera la lecture des informations ce qui permettra de la rendre disponible à toutes et à tous.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Recherche bibliographique

La recherche bibliographique nous a permis d'acquérir principalement quatre types d'informations. Tout d'abord, elle nous a fait prendre conscience des activités économiques entourant la région et des agents dynamiques ayant façonné son paysage. En second lieu, elle a été essentielle pour déterminer les facteurs de contraintes d'aménagement (pentes, drainage, épaisseur des dépôts, etc.). La définition des facteurs aide à déterminer les données à recueillir (figure 1). Elle permettra ainsi l'identification des contraintes sur le territoire. Par ailleurs, les ouvrages consultés sur divers spécialistes en aménagement nous offrent les paramètres utiles pour déterminer le niveau des contraintes physiques retrouvées sur le territoire.

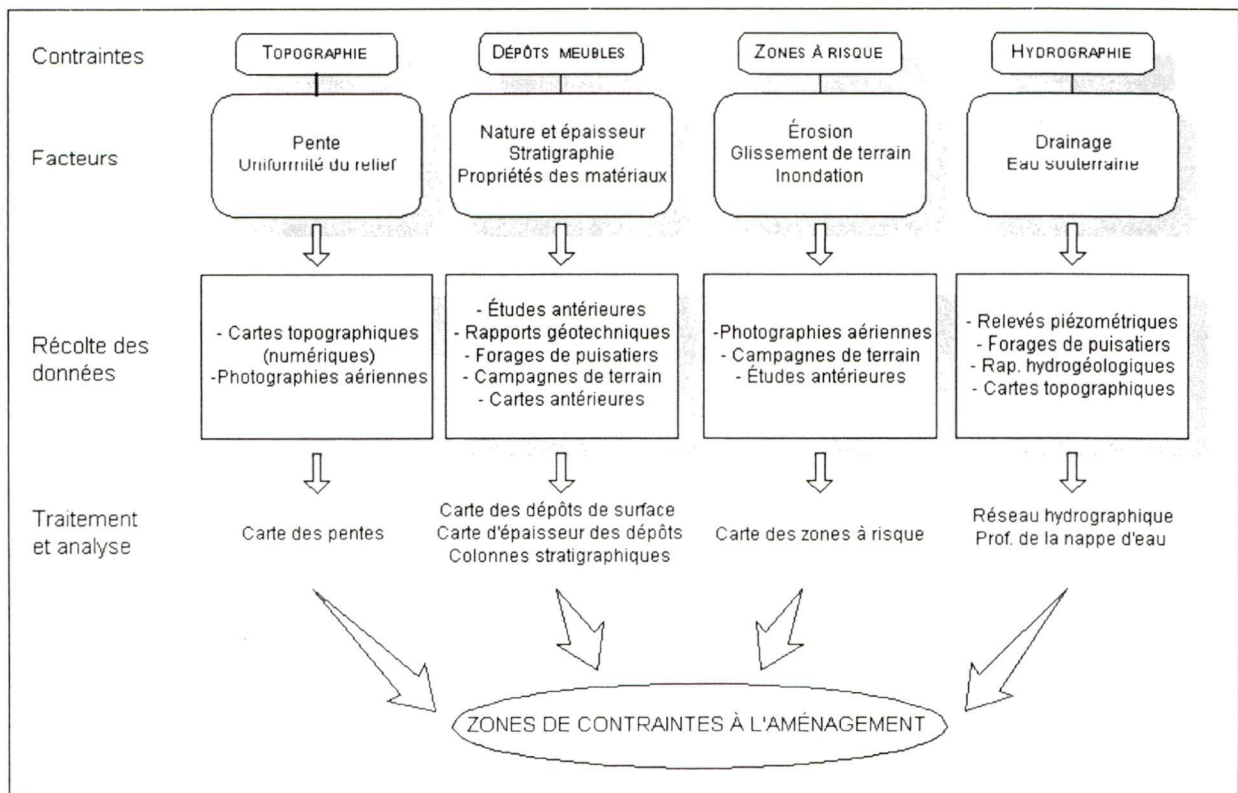


Figure 1 : Méthodologie pour la détermination des zones de contraintes à l'aménagement

La revue de littérature a ensuite permis de recenser les données déjà existantes sur le site d'étude. Les données sur les sols de la région ont donc été puisées à travers les rapports d'ingénieur, les inventaires de puits et forages et les diverses cartes thématiques produites sur la région. Finalement, la revue des travaux antérieurs a permis d'évaluer les propriétés géotechniques des sols de la région (capacité portante, perméabilité, etc.). À partir des données existantes sur les sols, les études de terrain réalisées par divers auteurs ont permis de déterminer les propriétés géotechniques des différents types de dépôt retrouvés sur le terrain. Ainsi, en mettant en relation les propriétés des sols et les caractéristiques physiques du territoire avec les facteurs de contraintes, il sera possible de déterminer les contraintes d'aménagement et de les localiser sur le territoire.

## 2.2. Acquisition des données

La réalisation d'une étude géoscientifique demande une grande quantité de données. Il est donc avantageux de se servir d'études déjà réalisées pour recueillir les données recherchées. La cueillette des données a ainsi été effectuée auprès de diverses sources documentaires, mais aussi auprès d'organismes publics et privés.

Les données utiles à l'élaboration du projet proviennent des ressources suivantes:

- de l'annuaire de puits et forages du ministère des Ressources naturelles du Québec (1974 et 1981), du ministère de l'Environnement du Québec (1984), et de la banque de données informatisée du ministère de l'Environnement et de la Faune (1997) ;
- d'autres banques d'inventaire d'organismes gouvernementaux ;
- des rapports géotechniques de firmes d'ingénieries ;
- de diverses cartes, études et rapports de recherche (rapports géologiques, carte de géologie du Quaternaire, carte des dépôts meubles et carte géomorphologique et autres documents de recherche) ;



- des cartes topographiques 21E/4 au 1 : 20 000 (ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 1994) et numérique au 1 : 50 000 (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada, 1990).

La source principale des données ponctuelles provient de la banque de données informatisée du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (1997). Ces données constituent en fait la base à l'établissement de notre banque de données. La banque de données du ministère répertorie sous trois fichiers les informations tirées des forages exécutés dans la région depuis 1978 par les puisatiers. Le premier fichier comprend les informations décrivant les puits et forages, notamment l'année de saisie des données, le numéro de projet et de dossier, la localisation du puits (UTM Nad 27), l'altitude du sol, la profondeur du puits, la longueur et le diamètre du cuvelage. Le second fichier nous présente quant à lui une description des matériaux rencontrés lors du forage, soit l'épaisseur des couches sédimentaires et la description des matériaux. Finalement, le dernier fichier donne une description des données recueillies par les essais de pompage, soit le niveau et le signe statique et dynamique des eaux souterraines, le débit, la durée et la date du pompage.

Ces données ont été importées dans le logiciel Excel et fusionnées sous un seul fichier. Les données de forages de puisatiers recueillies auprès des autres sources d'information mentionnées plus haut ont ensuite été ajoutées à notre banque de données. L'analyse des rapports géotechniques a permis d'obtenir d'autres mesures qui ont également été intégrées à la banque de données. Ces rapports ont généralement été réalisés lors d'études préliminaires à des travaux de construction, notamment l'étude du site pour la construction de la polyvalente La Frontalière située à l'est de la gorge. Cette étude remonte à 1968, mais d'autres études plus récentes (1996) nous donnent également une description de la nature et de l'épaisseur des dépôts, ainsi que la profondeur de la nappe phréatique. Finalement, la banque de données a été complétée en y intégrant les mesures d'altitude des affleurements rocheux recensés sur terrain. Le système de référence

spatiale UTM Nad 27, a également été utilisé pour localiser les affleurements rocheux et les données géotechniques.

### 2.3. Photo-interprétation

Les photographies aériennes à l'échelle du 1 : 15 000 (ministère des Ressources naturelles du Québec, 1993) ont été nécessaires pour l'analyse du territoire à l'étude. L'interprétation des photographies a servi de base à la préparation des travaux de terrain. Elle a également été utile pour valider les données documentaires, combler les lacunes d'informations et identifier les éléments physiques du paysage pouvant nous apporter un supplément d'information. Les photographies aériennes ont finalement été utiles pour la réalisation de la carte des dépôts meubles et la délimitation des zones à risque.

### 2.4. Travaux de terrain

Le territoire a été couvert en entier par des levés de terrain qui se sont déroulés pendant la saison estivale et automnale de 1996. Une série de sorties sur le terrain a également été exécutée à l'été 1997, afin de compléter la validation des informations ambiguës. Les levés de terrain ont servi, en premier lieu, à valider les données recueillies à travers les diverses sources documentaires. Elles ont ensuite permis de recueillir les informations manquantes utiles à l'élaboration des cartes thématiques. Les diverses campagnes sur le terrain ont permis de réaliser diverses observations, notamment : 1) la vérification de l'origine des dépôts et de leur stratigraphie par l'analyse des coupes naturelles et artificielles dans les formations meubles ; 2) la validation de la composition des dépôts de surfaces par le prélèvement d'échantillons à l'aide d'une tarière ; 3) la localisation des sites potentiels d'érosion et de risques naturels ; 4) la localisation des affleurements rocheux. L'utilisation d'un GPS et d'un altimètre a été nécessaire, afin de localiser les affleurements avec précision et d'obtenir leur altitude exacte au-dessus du niveau de la mer.



## 2.5. Traitement, analyse et représentation cartographique

Le traitement des données consiste à représenter les principaux facteurs de contrainte sous forme de cartes thématiques. Les données recueillies à travers les divers travaux et documents ainsi que les études de terrain, ont été intégrées dans un système d'information géographique (SIG). Le logiciel MapInfo a été choisi pour la représentation cartographique. Les informations sur support papier ont été numérisées, tandis que les données ponctuelles ont été introduites à partir de la banque de données que l'on a créée. La carte numérique de la région de Coaticook à l'échelle du 1 : 50 000 a servi de référence à la cartographie. Ainsi, on a réalisé des cartes représentant les informations nécessaires à l'identification des contraintes. Le traitement et l'analyse des informations représentées sur ces cartes sont expliqués plus en détails au chapitre 5.

## 2.6. Identification des zones de contraintes

L'identification et la délimitation des zones de contraintes a été effectuée en mettant en relation les informations représentées sur les cartes thématiques produites suite au traitement des données. Des zones ont été délimitées en tenant compte de la nature des formations meubles et des propriétés du terrain. À partir des connaissances que nous avons acquises sur les contraintes d'aménagement et des paramètres tirés des ouvrages réalisés par divers spécialistes en aménagement, les cartes thématiques ont été analysées permettant ainsi l'identification des contraintes physiques du sol et une description qualitative de celles-ci. Suite à cette analyse, les contraintes jugées non favorable à l'établissement des affectations ont été ressorties pour chacune des zones, en tenant compte des paramètres utiles à la détermination des niveaux de contrainte. Finalement, la carte des contraintes a été comparée aux tableaux de synthèse des facteurs de contraintes à l'aménagement afin de déterminer les affectations aptes à être accueillies sans contraintes majeures.

### 3. Région de Coaticook

#### 3.1. Site d'étude

Localisée en Estrie, à environ 35 km au sud de Sherbrooke, la ville de Coaticook couvre une superficie de 12,5 km<sup>2</sup> (figure 2). Cette municipalité de près de 7000 habitants agit comme pôle commercial, industriel et de service pour les gens de la région. La fonction résidentielle constitue l'usage dominant avec une forte proportion d'habitations unifamiliales. Les activités commerciales de la municipalité se concentrent surtout au centre-ville mais également en bordure des grands axes routiers, soit les routes 147, 141 et 206. L'activité industrielle s'étend dans divers secteurs de la municipalité. Plusieurs industries exploitent l'esker longeant le versant Ouest de la vallée. Le site d'extraction de granulats de la gravière Couillard en est un bon exemple. Celui-ci occupe un vaste secteur au sud-ouest du milieu urbain. D'autres industries de moindre envergure occupent le milieu urbain. Parmi celles-ci, on note la présence de deux centrales hydroélectriques et d'un barrage municipal qui bénéficient d'une canalisation naturelle des eaux offerte par la gorge de la rivière Coaticook. La municipalité tente cependant de concentrer ses activités industrielles dans un parc situé au sud de son territoire urbain. La popularité de la gorge s'est plutôt faite au point de vue touristique. Un parc régional a été créé pour mettre en valeur cet attrait naturel et l'environnement particulier qui l'entoure. Mis à part ce vaste parc, la ville possède jusqu'à 5 parcs municipaux (Diane Viau et associés inc., 1988)

Le territoire à l'étude ne se restreint pas seulement aux limites de la municipalité de Coaticook. Il s'étend faiblement à l'intérieur des limites des cantons de Barnston, de Compton Station et de Barford pour atteindre une superficie de près de 74 km<sup>2</sup>. La région périphérique de Coaticook est principalement à caractère agricole. La qualité des terres a permis à l'agriculture et à l'industrie agro-alimentaire de devenir des piliers dans le développement économique de la région.

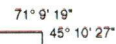


Figure 2 : Localisation du territoire à l'étude : région de Coaticook



### 3.2. Travaux antérieurs sur la région de Coaticook

Peu d'études sur le milieu naturel ont été exécutées dans la région de Coaticook. Il n'en demeure pas moins qu'elles s'avèrent très pertinentes bien qu'à l'occasion elles soient généralisées à l'ensemble de l'Estrée. Une des premières études a été exécuté par Cann et Lajoie (1943). Cette étude pédologique a été réalisée dans le but d'établir le potentiel agricole de la région. La géologie de la région de Coaticook a été interprétée à l'origine par Cooke (1957). Elle fut reprise par St-Julien et Lamarche (1965), et ensuite par Slivitzky et St-Julien (1987). Ces derniers ont reproduit, de façon plus détaillée, une carte illustrant la géologie de toute la partie sud des Appalaches comprise à l'intérieur du Québec. En 1965, Thornes publie les observations qu'il a relevé dans son mémoire de maîtrise sur les stades glaciaires survenus dans la vallée de la Coaticook,. Ce n'est qu'un peu plus tard que McDonald (1967, 1969) traite de la stratigraphie et de l'histoire du Quaternaire de la région. Morissette et Dubois (1991) font également une reconstitution des étapes survenues lors de la dernière déglaciation du Quaternaire, mais de façon plus locale. Beaucoup plus tôt, Dubois (1973) fait une description physiographique de l'Estrée en y ajoutant une synthèse sur les caractéristiques naturelles de la région qui a été reprise dans Dubois et Provencher (1989).

D'autres cartes ont été établies par divers auteurs. Une cartographie des dépôts meubles effectuée par McDonald (1967, 1969) est reprise par Tremblay (1975) sur une carte représentant la géologie du Quaternaire. Clément (1982) a quant à lui réalisé une cartographie géomorphologique de plusieurs régions de l'Estrée, dont celle de Coaticook. Plus localement, Larocque *et al.* (1985) ont effectué des études portant sur la formation de la gorge de la rivière Coaticook. Quelques années plus tard, Brazeau (1989) poursuit la description physique de la région en réalisant un inventaire des sites à fort potentiel de matériaux d'emprunt. Il accompagne son étude d'une description des matériaux qui composent ces sites de ressources en granulats.

### 3.2.1. Physiographie

La région de Coaticook fait partie du haut-plateau appalachien (Dubois, 1973). Comprise entre la région montagneuse de Sutton et les montagnes Frontalières, cette surface est caractérisée par une légère ondulation inclinée régionalement vers le nord-ouest. En fait, Coaticook se situe dans une région où la topographie correspond à une succession de collines et de vallons d'une altitude moyenne de 365 m. Les vallées fortement remblayées présentent un profil en auge peu encaissé, tandis que les interfluves sont arrondis et parfois presque plats (Dubois, 1973). La vallée de la Coaticook est bordée à l'est et à l'ouest par des interfluves s'élevant à une altitude maximale de 670 m entre les rivières Coaticook et Moe et de 610 m entre celles de Coaticook et Niger. Plus au nord, l'interfluve Massawippi-Coaticook atteint une altitude maximale de 440 m (Morissette et Dubois, 1991). Sise le long de la rivière Coaticook, la ville de Coaticook repose au fond de cette vallée à une altitude d'environ 290 m.

La rivière Coaticook occupe une vallée d'âge préglaciaire s'enfonçant de plusieurs dizaines de mètres au-dessous du niveau général du plateau. Si ce n'était des dépôts glaciaires qui ont comblé la vallée, la largeur de celle-ci serait d'autant plus considérable. Selon Cooke (1957), la largeur de la vallée de la rivière Coaticook, mesurée d'un versant rocheux à l'autre, dépasse de 400 à 800 m sa largeur apparente. Le long des versants, de petites vallées étroites et relativement profondes, ont été creusées dans ces dépôts par l'action des ruisseaux et du ravinement. Par exemple, le ruisseau du Pont Rouge s'enfonce actuellement à travers ces dépôts, exposant ainsi un milieu instable de part et d'autre de ses rives. Cette instabilité semble toutefois s'étendre sur tout le versant oriental étant donné l'abondance du ravinement dans ce secteur et la présence de glissements de terrain.

La rivière Coaticook draine les eaux vers le nord depuis les montagnes Frontalières situées au-delà de la limite Québec-États-Unis (Vermont). Affluent de la rivière Massawippi, elle s'étend sur une longueur de 65 km et traverse la région selon un axe sud-nord suivant un parcours sinueux. Certains endroits montrent cependant



un écoulement plus rapide des eaux. C'est le cas dans la ville de Coaticook où la rivière traverse une gorge profonde et étroite aux parois rocheuses presque verticales. Cette gorge, longue d'environ 1500 m et parsemée de rapides et de petites chutes, atteint des profondeurs de plus de 50 m. On retrouve une gorge semblable mais plus petite, en amont de la rivière, dans la municipalité de Dixville. Le ruisseau Pratt constitue également un cours d'eau d'importance pour la municipalité. Ce dernier traverse la ville, s'écoulant d'ouest en est pour rejoindre finalement la rivière Coaticook.

### 3.2.2. Géologie

Située dans la grande province géologique des Appalaches, la région de Coaticook repose sur les roches du groupe de St-François (nommée également par certains auteurs groupe St-Françis). Ces roches se succèdent de l'ouest à l'est, des plus anciennes aux plus jeunes. St-Julien et Lamarche (1965) confèrent aux roches du groupe de St-François une combinaison de schistes ardoisés interlités de grès brunâtres et des roches calcaireuses interlitées de conglomérats. La composition de ces roches qui ont une forte teneur en carbonate les rendent facilement altérable (Larocque *et al.* 1984). On peut observer sur le territoire la dégradation de ces roches que l'on qualifie du terme « pourries ».

Le groupe de St-François comprend trois subdivisions dont la formation de Compton sur laquelle repose la région de Coaticook. Dans la région de Coaticook-Malvina, Cooke (1957) subdivise cette formation en trois faciès. Le premier consiste en un quartzite avec quelques interlits d'ardoise et de calcaire, le second en une ardoise foncée avec quelques interlits de quartzites et finalement un faciès d'ardoise et argilite (Slivitzky et St-Julien, 1987). Mais plus récemment, la carte de compilation géologique de l'Estrie-Beauce réalisée par Slivitzky et St-Julien (1987), résume la formation de Compton dans la région de Coaticook à une séquence dominante de grès accompagné de shale et d'ardoise. Les quartzites sont considérés comme les roches les plus résistantes de la formation. Cependant, étant

donné la variation considérable de leur teneur en quartz, la résistance à l'érosion de ces roches peut être affectée.

### 3.2.3. Histoire du Quaternaire

Les derniers glaciers du Quaternaire ont recouvert la région de l'Estrie pendant le Wisconsinien, dernière période du Pléistocène, il y a environ 75 000 ans. À maintes reprises durant cette période, une immense calotte glaciaire a envahi la région lui faisant subir trois phases glaciaires et interglaciaires. Ces phases correspondent aux stades inférieur, moyen et supérieur du Wisconsinien.

Les dates prélevées dans les sédiments de contact glaciaire sont liées aux deux premières phases glaciaires et remontent à 54 000 et 41 500 ans B.P. (McDonald, 1967). La première de ces phases correspond au till de Johnville qui a été déposé par un glacier dont les dépôts seraient d'origine laurentidienne. Suite au retrait des glaciers, survient une période interglaciaire associée à la formation Massawippi. Durant cet épisode interglaciaire, la région des Appalaches était pratiquement libre de glace, à l'exception de glaciers locaux situés en haute altitude. Par conséquent, on attribue à cette phase une formation d'origine fluviale et lacustre. La seconde phase glaciaire est attribuable à la mise en place des tills de la Chaudière. Ces dépôts comporteraient une zone supérieure d'origine laurentidienne et une zone inférieure d'origine appalachienne du fait d'un écoulement glaciaire nord-est sud-ouest (Shilts, 1981). Vers la fin du Wisconsinien moyen, la formation glaciolacustre de Gayhurst a été mise en place sur les tills de la Chaudière à la fin d'une seconde phase interglaciaire. Selon les sédiments déposés dans le lac glaciaire de Gayhurst, ce dernier aurait une existence d'environ 4000 ans avec deux niveaux lacustres importants. Un premier niveau à 370 m d'altitude et un second allant jusqu'à 430 m d'altitude (Pagé, 1992). Finalement, après une récurrence des glaces qui dura de 21 000 à 18 000 ans BP, l'inlandsis atteint son extension maximale de tout le Wisconsinien (Pagé, 1992). Cette extension se caractérise par la mise en place du till de Lennoxville.



La dernière déglaciation de la région a été estimée par McDonald (1968) à environ 11 200 ans AA. Le retrait des glaces s'est effectué vers le nord et le nord-ouest avec des déviations locales contrôlées par la topographie. Dans la vallée de la rivière Coaticook, la présence du glacier a créé un barrage empêchant ainsi l'écoulement normal des eaux de fusion. De cette dynamique a résulté la formation du lac proglaciaire de Coaticook qui s'est étendu suivant la régression du front de la masse de glace (McDonald, 1967).

Alors que le front glaciaire était à quelques kilomètres au nord du village de Dixville, l'écoulement des eaux de fusion à l'intérieur d'un tunnel sous-glaciaire a formé l'esker de Coaticook. La mise en place de ces dépôts d'origine fluvioglaciaire s'est faite selon un écoulement vers le sud. Graduellement, le niveau des eaux du lac proglaciaire diminuait suivant la régression du front glaciaire vers l'aval de la vallée. Sur le territoire à l'étude, le lac proglaciaire aura atteint son extension maximale à 365 m d'altitude alors que le front du glacier occupait une position à quelques kilomètres au nord de Coaticook. Ce niveau a été identifié par Morissette et Dubois (1991) grâce aux nombreux talus d'érosion, dépôts de plage et deltas situés sur le versant oriental de la rivière Coaticook.

Le lac proglaciaire Coaticook poursuivait son étalement vers le nord rejoignant, à plusieurs kilomètres de son origine, celui de Moe à 340 m d'altitude. Ce n'est que plus tard, que les glaces ont finalement libéré un exutoire donnant sur le lac proglaciaire Memphrémagog. À ce moment, un lac de barrage morainique s'est formé à la hauteur de Coaticook, suite à une baisse considérable des eaux dans la vallée. Contrôlé par un seuil rocheux localisé sur le versant Ouest à l'entrée de la gorge actuelle, le niveau de ce lac atteignait alors 290 m (Larocque *et al.*, 1985). L'évacuation des eaux de ce lac s'est donc effectuée par encaissement à travers la surface rocheuse façonnant la gorge à l'intérieur de laquelle les eaux de la rivière Coaticook s'écoulaient encore aujourd'hui. Les changements dans la direction d'écoulement de la rivière et la présence des lacs proglaciaires ont ainsi permis de préserver à certains endroits les dépôts comblant la vallée avant le passage des



glaciers du Wisconsinien. Des forages effectués dans ce secteur démontrent que des dépôts hétérogènes de plus de 64 m d'épaisseur doivent être franchis avant d'atteindre le socle rocheux (Les Laboratoires Shermont Inc, 1972).

### 3.2.4. Géomorphologie et stratigraphie

On peut reconnaître dans la région plusieurs empreintes relatives au passage des glaciers grâce aux formes et aux dépôts laissés sur le paysage. Le tableau 1 présente une stratigraphie complète des sédiments quaternaires, de leur composition et de leurs caractéristiques.

Comme on la vu précédemment, la ville de Coaticook repose au fond de la vallée, à environ 290 m d'altitude, sur l'ancien site d'un lac de barrage morainique. Conséquemment, au fond de la vallée s'étendent des dépôts glaciolacustres composés de plus de 3 m d'épaisseur de silts et d'argiles varvées grises et calcareuses. Selon McDonald (1969), ces sédiments de silt et d'argile peuvent être recouverts d'une mince couche de sable ou gravier (moins d'un mètre) qui se serait déposée durant le drainage du lac proglaciaire. Suite au retrait du lac, la vallée a subi plusieurs phases de comblement et d'érosion fluviale (Larocque *et al.*, 1985). Depuis la dernière phase de comblement, la rivière s'encaisse dans les sédiments lacustres et alluviaux où elle a formé différents niveaux de terrasses. Beaucoup de ces terrasses alluviales se trouvent dans le secteur nord de la ville, de l'autre côté du seuil rocheux dans lequel s'est construit la gorge. Ce secteur est caractérisé par un niveau alluvial inférieur à celui en amont de la gorge, soit à une altitude variant entre 220 et 230 m, plus de 60 m de dénivellation avec le secteur sud. Les dépôts alluvionnaires récents longeant la rivière Coaticook, forment une plaine qui, selon Cann et Lajoie (1943), avec sa composition de sable fin et grossier, forment une étendue propice à l'agriculture. Malgré un faible débit

**Tableau 1 : Stratigraphie des sédiments quaternaires de la région de Coaticook**

STRATIGRAPHIE	SEDIMENTS	GRANULOMETRIE	CARACTERISTIQUES
SEDIMENTS POST-LENNOXVILLE	Alluvions récentes Sédiments glacio-lacustres Sédiments fluvio-glaciaires Sédiments de terrasse fluviale Tourbière	Variable Silt sableux Grossier Variable Organiques	Plaine inondable Peu perméable Poreux Perméabilité assez bonne Très mauvais drainage
TILL DE LENNOXVILLE	Till calcaireux gris, oxydé	7 % graviers 25 % sables 69 % silts et argiles nombreux blocs	Sujet aux glissements et ravinements En général compact Excavation difficile lorsque oxydé
FORMATION DE GAYHURST	Sédiments glacio-lacustres Silt et argile avec un peu de sable et gravier	Granulo. du faciès de silts-sableux augmente près du till de Lennoxville.	Sujet aux glissements et à l'érosion hydrique (ravinement)
TILL DE LA CHAUDIERE	Diamicton à matrice silteuse Absence d'erratique	10-18 % graviers 20-23 % sables 60-70 % silts et argiles	Résistant à l'érosion Très compact
FORMATION DE MASSAWIPPI	Sédiments fluviaux et lacustres Silt gris lessivé interlité de sable oxydé	3-15 % sables 85 % silts 11 % argiles	Sujet aux glissements Assez résistant à l'érosion
TILL DE JOHNVILLE	Till calcaireux (environ 0,5 mètre de dépôt)	9 % graviers 33 % sables 41 % silts 17 % argiles	Résistant à l'érosion Très compact Excavation difficile
SEDIMENTS PRE-JOHNVILLE	Sédiments fluviaux et lacustres Sable, gravier et varves	56 % graviers 35 % sables 8 % silts et argiles	
SUBSTRATUM ROCHEUX			

Compilé à partir de Brazeau (1989), Shilts (1981) et Mc Donald (1967, 1969)

durant une bonne partie de l'année, on peut voir la rivière Coaticook sortir de son lit lors des grandes crues printanières. Selon Larocque *et al.* (1984), l'abondance des précipitations nivales, les zones de hautes pressions en provenance du sud des États-Unis créant des températures exceptionnellement élevées à la fin de l'hiver et la faible superficie du couvert forestier sont des facteurs en cause de ces inondations.

En plus grande quantité, se sont déposés sur les versants, des sables et graviers provenant du remaniement des sédiments glaciaires par les eaux du lac proglaciaire. Plus haut sur les versants de la vallée, les tills de surface (till de Lennoxville) reposent directement sur le substratum rocheux ou, à certains endroits, sur des sédiments glaciolacustres ou fluvioglaciaires d'un âge pré-Lennoxville. L'épaisseur de ces dépôts de till peut varier de 1 à 15 m selon sa

position au haut du versant près de l'interfluve ou plus bas dans la vallée. L'absence de sédiments glaciolacustres sous le till et la faible épaisseur des sédiments recouvrant directement le socle rocheux rendent le versant Ouest relativement stable. Toutefois, l'importance du ravinement et la présence de quelques glissements sur le versant oriental démontrent une stratigraphie différente avec la présence d'argiles lacustres (Larocque *et al.*, 1985). Le ruisseau du Pont Rouge nous révèle l'importance des sédiments accumulés durant la période quaternaire. Celui-ci s'écoule suivant l'axe de la vallée préglaciaire incisant les dépôts sur plus de 60 m de profondeur. Étant donné l'instabilité du milieu dans lequel s'écoule ce ruisseau, plusieurs coupes peuvent être rencontrées le long de ses berges (figure 3). McDonald (1967) a fait une description détaillée de la stratigraphie de deux coupes observées en bordure du ruisseau du Pont Rouge (annexe 1).

Mis à part ces dépôts, sur le flanc ouest de la vallée, on retrouve des accumulations d'origine fluvioglaciaire. Parmi celles-ci, l'esker de Coaticook est la plus connue étant fortement exploitée en matériaux d'emprunt depuis des années. Composée d'une série de buttes allongées constituées de sables, de graviers et de cailloux arrondis, elle s'étend sur une longueur de plus de 8 km. Elle traverse la municipalité du sud au nord, dévalant légèrement le versant occidental vers le fond de la vallée. Un examen morphologique et sédimentologique effectué par Larocque *et al.* (1984), donne à cet esker un profil de type perlé qui est caractéristique d'une mise en place dans un milieu glaciolacustre. Ainsi, comme l'illustre la figure 4, on retrouve des sédiments glaciolacustres stratifiés sous-jacents à ces dépôts fluvioglaciaires. D'autres formations d'origine fluvioglaciaire composées de sables et graviers peuvent être observées dans la région, notamment, un delta qui repose sur le versant Est, à l'extérieur des limites de la ville, à environ 315 m d'altitude (figure 5).





Figure 3 : Coupe étudiée par McDonald (M-64-129), en bordure du ruisseau du Pont rouge.



Figure 4 : Sédiments stratifiés d'origine glaciolacustre déposés sur les sédiments fluvioglaciaires (esker)



Figure 5 : Gravière en exploitation dans des sédiments d'origine deltaïque située sur le versant Est de la rivière Coaticook.

## 4. Détermination des facteurs de contrainte

Dans ce chapitre, nous visons à déterminer les caractéristiques du territoire les plus favorables à l'aménagement de diverses activités urbaines et périurbaines. Les activités retenues font référence aux principales affectations retrouvées dans la région de Coaticook soit les affectations résidentielle, commerciale, industrielle, ou encore récréative. Il s'agit donc de ressortir les éléments physiques du territoire pouvant devenir une contrainte à l'établissement de chacun de ces types d'aménagement. Chaque aménagement comporte ses propres exigences de construction. Les échelles de valeur des contraintes vont varier selon chaque type d'activité et certaines contraintes représenteront un plus grand impact sur les possibilités d'aménagement. Après analyse, on pourra ainsi définir les zones qui répondent le mieux aux critères des principales activités urbaines et périurbaines de la région. Dans certains cas, il sera par exemple possible de proposer l'aménagement d'une affectation industrielle à un endroit où une activité résidentielle ne pourrait même pas être envisagée.

De nos jours, avec les nombreuses techniques de construction et l'efficacité de la machinerie, on peut, sans trop d'exagération, ériger une construction pratiquement n'importe où. Dans plusieurs de ces cas, on doit toutefois s'attendre à une augmentation des coûts de construction. Le principe sur lequel est basé le choix des contraintes s'appuie donc sur la rentabilisation maximale des travaux d'aménagement et la sécurité publique. En d'autres mots, on cherche à minimiser les frais de construction et d'entretien du terrain, tout en diminuant les risques d'instabilités du sol et la dégradation de l'environnement.

### 4.1. Facteurs topographiques

La topographie est un élément fort important lorsque vient le temps de planifier l'aménagement d'un territoire. C'est pourquoi, il est le premier facteur à prendre en considération. Son analyse est très simple et permet, dès le début, d'éliminer

les secteurs non propices à tout aménagement (pente forte, abrupt). Les problèmes de drainage, d'instabilité de versant, ainsi que les problèmes techniques de construction comptent parmi les contraintes d'aménagement associées aux facteurs topographiques. En fait, l'analyse topographique combine divers facteurs pouvant agir en contrainte à l'établissement de chaque type d'aménagement. Parmi ceux-ci on retrouve la pente, l'uniformité du relief et l'orientation des versants.

#### 4.1.1. Pente

L'analyse des pentes permet de départager le territoire en tenant compte de l'inclinaison du terrain. Les pentes trop fortes et trop faibles étant restrictives pour certains types d'aménagement. Tout dépend de l'inclinaison de la pente et des contraintes reliées à l'aménagement proposé. Par exemple, une aire de stationnement peut rencontrer des problèmes de drainage lorsque la pente est trop faible mais, d'un autre côté, une pente trop forte va entraîner des problèmes techniques de construction et surtout de stationnement. Le tableau 2 nous présente une synthèse des limites de pente d'aménagement établies par divers auteurs : Beer (1990), De Chiara et Koppelman (1984), Kugler-Gagnon (1974), Parent et Pineau (1985), Clément et Poulin (1973), Provencher et Thibault (1979) et Walmsley (1976).

La pente contrôle le drainage de surface, l'érosion et les mouvements de masse. Toutefois, d'autres facteurs peuvent intervenir, notamment la lithologie et la stratigraphie qui seront expliquées plus loin. Un terrain comportant une pente longue et prononcée peut être confronté à des problèmes d'érosion provoqués par un ruissellement trop accentué ou des risques élevés de mouvement de masse. Une pente forte (15 à 30 %) complique les travaux de construction immobilière, routière ou d'infrastructure urbaine. Dans ces cas, elles devront avoir recours à quelques travaux supplémentaires leur permettant de bénéficier d'un meilleur support (remblais-déblais, mur de soutènement, pilotis). Les tracés de route



Tableau 2 : Limites de pentes significatives en aménagement du territoire

Classe de pente	Aménagements possibles	Problèmes
<b>Nulle</b> (0 – 0,5 %) à <b>Très faible</b> (0,5 – 4 %)	0,5 %- pente min. pour le drainage par fossé. - lim. min.. pour les systèmes d'égout. 1 %- min. pour stationnement pavé. 2 %- min. pour stationnement non-pavé. 3 %- pente max. pour véhicule commercial à vitesse constante. - max. pour tracés de voie ferrée. 4 %- critique pour les terrains de jeux.	- Problème de drainage. - Risque de saturation du sol en eau. - Zone de sédimentation. - Classe où tous les aménagements sont possibles (pente idéale 2 à 5 %).  3.5 %- définition géomorphologique d'un replat.
<b>Faible</b> (4 – 8 %)	5 %- idéale pour le camping et pique-nique. - max. pour autoroute et stationnement. 7 %- lim. max. pour véhicule de passager à vitesse constante. 8 %- début des difficultés en résidentiel (mais peut former des sites plus attrayants). - pente max. pour industriel et agricole. - pente max. pour rue, accès de service et stationnement.	5 %- Début des problèmes d'érosion des sols en agriculture.
<b>Moyenne</b> (8 – 12 %) à <b>Forte</b> (12 – 15 %)	Seuil intermédiaire permettant de choisir des aires résidentielles. 10 % - pente max. pour les trottoirs. - max. pour voies d'écoulement enherbées 12 % - lim. extrême pour autoroute. 15 % - lim. extrême pour utilisation intensive du sol. - limite de sécurité contre l'érosion et la stabilité des sols. - lim. pour habitation avec fondation. - pente max. pour les sentiers pédestres, les rampes et dépotoirs.	- Faible probabilité de glissement rotationnel (10-20 %). - Sensibilité à l'érosion hydrique assez forte. - Si désherbée, ravinement et arrachement du sol arabe. - Faible probabilité de mouvement de masse.
<b>Très forte</b> (15 – 30 %) à <b>Extrêmement forte</b> (30 % et plus)	Tout site à aménager doit être étudié un à un. 17 % - lim. pour tout véhicule sur pente prolongée. 20 % - lim. min. pour pente de ski alpin. 30 % - lim. extrême pour tout aménagement - critique pour machinerie forestière. 50 % - lim. pour pente boisée. 60 % - lim. max. piste de ski alpin amateur.	- Risque de mouvement de masse. - Très sensible à l'érosion hydrique. - Prob. d'entretien des pentes gazonnées. - Angle de repos moyen pour divers matériaux. - Problèmes techniques de construction. - Déboisée, mouvement de masse généralisé dans dépôts meubles. 84 % - définition géomorphologique d'un abrupt.

Compilé à partir de Beer (1990), De Chiara et Koppelman (1984), Parent et Pineau (1985), Clément et Poulin (1973), Provencher et Thibault (1979).



devront être plus sinueux ou obliques à la pente, ce qui augmente leur coût de construction. Il sera ainsi préférable d'exclure tout développement dans les pentes de plus de 15 %. La réalisation d'aménagements dans ces secteurs étant qualifiée d'exceptionnelle, ceux-ci doivent être analysés un à un. D'un autre côté, une pente nulle (0 à 0,5 %), comporte des risques de saturation en eau, des problèmes de fonctionnement d'égouts pluviaux ou subit les actions de colluvionnement et d'alluvionnement des versants en pente raide qui les bordent (Provencher et Thibault, 1979). Ces secteurs à pente nulle sont difficilement aménageables ou comportent des coûts supplémentaires étant souvent caractérisés par la présence de marécages, de tourbières ou de marais. L'intervalle de pente de 0 à 5 % n'est cependant qu'une valeur théorique. Une pente aussi faible ne peut pas s'étendre sur une très grande surface. Finalement, les pentes dont les contraintes sont les plus négligeables, donc celles qui offrent le plus de possibilité d'aménagement, sont celles comprises entre 2 et 5 %.

Les sites affectés à l'aménagement résidentiel ne peuvent ainsi accepter des pentes de plus de 15 %, qu'ils soient situés en zone rurale, où l'utilisation d'un système d'épuration des eaux usées est nécessaire, ou dans le périmètre urbain. Toutefois, pour les affectations commerciale et industrielle, l'envergure des constructions et les activités associées à celles-ci (achalandage, transport de marchandise, machinerie lourde) sont des facteurs qui augmentent les contraintes d'aménagement. La valeur des pentes favorable à l'implantation de ce type de construction ne peut alors dépasser 8 %. Il en est de même pour l'agriculture qui se trouve limitée par l'emploi de machineries agricoles. L'affectation agricole peut cependant bénéficier de faibles contraintes jusqu'à des pentes de 5 %, étant donné la simplicité qu'offre l'aménagement des espaces agricoles. Les activités récréatives doivent également se restreindre à des pentes inférieures à 8 %. Ceci n'inclut évidemment pas les activités comme le ski alpin ou l'escalade, qui recherchent des pentes exceptionnelles. On fait plutôt référence aux activités récréatives rencontrées en milieu urbain, c'est-à-dire les parcs municipaux, les terrains de jeux, les cours d'école ou les terrains d'activités sportives (baseball,

soccer, tennis, piste de course, etc.). Il est même préférable que ces derniers bénéficient de pentes nulles à très faibles avec un sol bien drainé.

La contrainte de pente varie pour les infrastructures routières en fonction du type de route. Les routes principales qui accueillent une circulation de 65 à 90 km/h, peuvent adopter des pentes jusqu'à 8 %. Des pentes plus fortes causent un ralentissement trop important de la circulation routière. L'inclinaison des rues (30 à 50 km/h) et des voies de service (15 km/h) ne doit généralement pas dépasser un maximum de 15 %, étant donnée les nombreux arrêts et la visibilité en contre pente (Provencher et Thibault, 1979). Les pentes trop fortes peuvent toutefois accepter des tracés de routes obliques à la pente. Par contre, le manque d'espace en milieu urbain permet rarement de telles constructions. La construction d'une aire de stationnement demande quant à elle des pentes inférieures à 5 %, étant donné les problèmes de stationnement et de manœuvre que peuvent engendrer des pentes plus accentuées (De Chiara et Koppelman 1984, p. 220).

#### 4.1.2. Uniformité du relief

Les secteurs affectés par un relief non uniforme vont devenir contraignants pour certains types d'aménagement, en particulier les constructions immobilières et les infrastructures urbaines. L'uniformité du relief conditionne l'écoulement des eaux et peut augmenter les coûts d'aménagement. Les sites les plus contraignants sont caractérisés par un relief fortement accidenté, parsemé d'affleurements rocheux et de cuvettes comprenant des zones humides importantes. Les reliefs irréguliers, contrôlés par des successions de barres rocheuses et vallons remblayés de sédiments, doivent également être pris en considération. Leur présence peut devenir très contraignante lors de la confection d'un réseau d'infrastructure urbaine, la construction d'un système d'égout pluvial par exemple.

Provencher et Thibault (1979) divise l'uniformité de la surface du terrain sous trois types : uniforme, ondulée-bosselée et accidentée-raboteuse. Selon eux, une surface uniforme est caractérisée par un relief à pente faible ou nulle, non contrôlé



par le roc car recouvert d'une bonne épaisseur de sédiments. À l'opposé, les deux autres types sont contrôlés par le substratum rocheux. Sur une surface ondulée-bosselée, les creux comblés de sédiments offrent de mauvaises conditions de drainage si les matériaux sont peu perméables ou s'il n'y a pas d'exutoire pour laisser s'échapper l'eau. Les reliefs accidentés-raboteux sont quant à eux généralement associés à des secteurs comprenant de nombreux blocs et affleurements rocheux. Les travaux d'aménagement dans ces secteurs doivent souvent avoir recours à des travaux de dynamitage ou de remblai.

D'un autre côté, les versants irréguliers avec abrupts et replats, peuvent offrir des sites à caractère particulier. La succession de replat en escalier le long d'un versant à pente forte, permet un développement domiciliaire en étage. Un profil de pente semblable offre des sites plus attrayants et une visibilité exceptionnelle pour chaque demeure. Par contre, il s'avère contraignant pour les centres industriels et commerciaux qui nécessitent de plus grandes superficies. En l'absence de replat naturel dans les fortes pentes, il peut être possible de créer des replats par déblais-remblais. Ce processus consiste à produire un replat dans les fortes pentes en combinant les travaux de déblais et de remblais pour former des surfaces planes ; les matériaux extraits des travaux de déblais servant de matériaux de remblais. La principale contrainte rencontrée avant l'exécution de ces travaux relève des coûts fort élevés des opérations. Selon De Chiara et Koppelman (1984), certaines précautions doivent être prises dans les pentes de plus de 33 %. La création d'un profil en escalier peut éventuellement être la cause d'instabilité du sol étant donné que de tels travaux modifient l'angle de repos des matériaux.

#### 4.2. Propriétés des dépôts meubles

Plusieurs auteurs en aménagement considèrent qu'une connaissance approfondie des propriétés du sol est primordiale pour le choix d'un site. Le sol accueille les fondations, son implication est donc à la base de tout aménagement. Une connaissance insuffisante des propriétés du sol peut entraîner des coûts



supplémentaires de construction et causer des troubles d'instabilité dans les structures. Comme il a déjà été mentionné, le terme « sol » est utilisé dans ce texte comme la surface de terrain sur laquelle repose l'aménagement, et non dans son sens pédologique. Alors que le terme « dépôt meuble » est utilisé pour représenter tout le matériel sédimentaire et organique qui repose au-dessus du substratum rocheux.

Plusieurs méthodes et mesures ont été développées pour déterminer les propriétés du sol. On n'a qu'à penser aux diverses études en mécanique des sols, aux essais (in situ) géotechniques, aux mesures granulométrique et densimétrique, etc. Celles-ci sont précises mais souvent trop élaborées, trop nombreuses et trop coûteuses pour servir à l'analyse de tout un territoire. Ces mesures se prêtent plutôt à l'analyse d'un site spécifique. La nature et la stratigraphie des dépôts comptent parmi les principales caractéristiques du sol permettant de bien connaître un territoire. Leur présence peut être facilement observable sur le terrain et à travers divers sondages et études déjà réalisés sur le territoire. De plus, l'analyse des dépôts meubles peut permettre d'en estimer certaines de ses propriétés, tel sa perméabilité, sa capacité portante, sa susceptibilité au gel, etc.

#### 4.2.1. Propriétés des matériaux

Ce paramètre est surtout utile lors du choix d'un site visant l'établissement d'une activité particulière. Les informations sur les propriétés des matériaux d'un site permettent de juger de sa capacité à être aménagé. En général, les graviers et les sables détiennent des propriétés similaires bien que les graviers offrent les meilleures conditions d'aménagement. Ils ont une forte résistance au cisaillement ; ils sont peu sensibles au gel ; ils sont très peu compressibles et très perméables. Toutefois, ce qui distingue les graviers des sables, c'est leur faible sensibilité à l'érosion. Les argiles sont quant à elles reconnues pour leur imperméabilité et leur faible résistance au cisaillement. Leur forte compressibilité rend les travaux de compactage difficiles et très dispendieux. Les propriétés de compressibilité et de résistance au cisaillement des silts sont considérées

moyennes. De plus, ils sont peu perméables et leur forte sensibilité au gel et à l'érosion les rend très instables. Les argiles et les silts sont généralement à éviter pour la plupart des travaux de construction, mais à certaines occasions ils peuvent tout de même être acceptables. Il faut préciser qu'il suffit d'un faible pourcentage de particules fines parmi d'autres plus grossières pour modifier les propriétés d'un sol (Gosselin, 1976). De façon générale, les dépôts meubles sont constitués de particules de diverses dimensions et ceci dans des proportions très variables. Les grains fins ont pour effet de combler les vides entre les grains plus grossiers modifiant la structure granulaire et les propriétés des dépôts (figure 6). Le tableau 3 présente la terminologie relative à la dimension des particules, employées par les ingénieurs du ministère des Richesses naturelles (MRN) dans leurs études géotechniques.

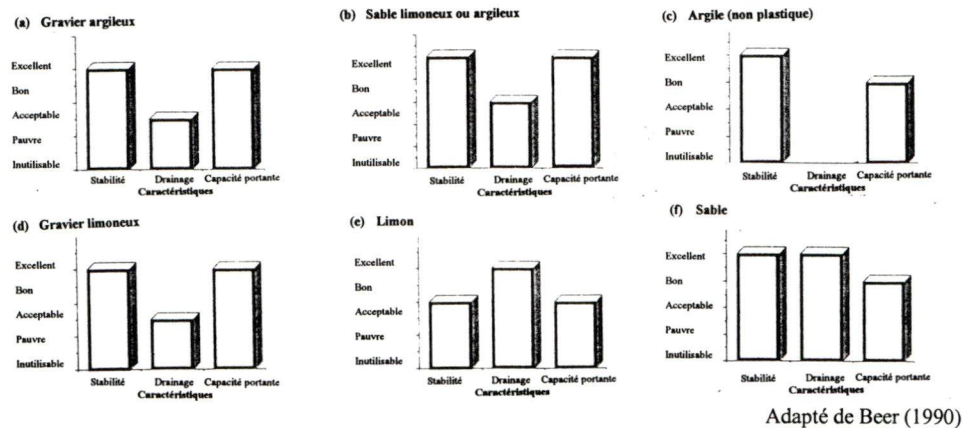


Figure 6 : Propriétés de divers types de matériaux

**Tableau 3 : Classification des sols granulaires utilisée par le MRN**

Terminologie	Diamètre
Bloc (enrochement)	> 200 mm
Cailloux	200 à 80 mm
Gravier	80 à 2 mm
Sable grossier	2 à 0,6
Sable	0,6 à 0,2 mm
Sable fin	0,2 à 0,06 mm (60 $\mu$ )
Silt (limon)	0,06 à 0,002 mm (2 $\mu$ )
Argile	< 0,002 mm (2 $\mu$ )

Tiré de Maranda (1977)

Selon plusieurs auteurs, à partir d'informations sur la granulométrie des matériaux il devient possible d'évaluer approximativement le comportement du sol. L'important dans la caractérisation des sols est de ressortir les principales propriétés des matériaux utiles dans l'élaboration d'un plan d'aménagement. Les lignes qui suivent nous informent sur l'importance de connaître la perméabilité, la compressibilité et la compacité, la capacité portante et la sensibilité au gel des matériaux. Les caractéristiques des sols reliées à l'érosion, au glissement et au drainage seront traitées plus loin.

#### a) Perméabilité

La perméabilité est l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide (Foucault et Raoult, 1988), que se soit un milieu rocheux ou sédimentaire. La perméabilité est fonction du diamètre des particules, car le volume des pores augmente suivant la taille des particules (Parent et Pineau, 1985). Par contre elle dépend également de la forme, de la disposition et du triage des grains ainsi que du tassement qu'ils ont subi. Les sédiments mal triés sont normalement moins perméables que ceux bien triés. Pour cette même raison, certains sols compactés seront à éviter puisqu'ils sont plus difficilement traversés par l'eau. D'après Morin (1978), l'important pour les aménagistes est de connaître la perméabilité des trois premiers mètres de la surface du sol afin de planifier l'aménagement de fosses septiques. Cependant, une bonne connaissance de l'imperméabilité des dépôts de surface peut aussi être utile pour identifier les sites susceptibles de connaître des problèmes de drainage externe, des risques d'érosion par le ruissellement, ou encore d'évaluer la vitesse d'écoulement du drainage interne. La perméabilité s'exprime par le coefficient de perméabilité  $K$  qui est le volume d'eau gravitaire traversant une section perpendiculaire à la direction de l'écoulement (Campy et Macaire, 1989). Le tableau 4 qui suit présente la signification qualitative du drainage selon la perméabilité de divers types de dépôt meuble.



**Tableau 4 : Perméabilité des dépôts meubles**

Type de sol	Coefficient de perméabilité « K » (cm/sec.)	Drainage
Gravier	$10^2$ à $10$	Rapide
Sable propre	$1$ à $0,1$	
Gravier sableux	$10^{-2}$	Modéré
Sable moyen à fin	$10^{-3}$	
Sable graveleux	$10^{-4}$	Faible
Sable fin silteux	$10^{-5}$	
Sable silteux avec gravier	$10^{-5}$	
Silt uniforme non plastique	$10^{-5}$	
Till sableux	$10^{-7}$	Très faible
Till silteux	$10^{-8}$	
Argile de moyenne et haute plasticité	$10^{-7}$ à $10^{-9}$	

D'après La Rochelle et Roy (1978)

#### b) Compressibilité et compacité

En fonction de sa granulométrie, un sol aura tendance à subir un tassement sous l'effet d'une surcharge tel le poids d'un édifice, le passage de véhicules ou même simplement par piétinement. Le piétinement est une cause importante des mauvaises conditions de drainage que subissent fréquemment les terrains de jeux. La compressibilité est la sensibilité d'un sol à la compaction. Pour Morin (1973), un sol subissant un tassement de 15 à 30 cm provoquera des problèmes d'accès à l'édifice et de raccords de tuyaux d'égout et d'eau potable. Chez les matériaux perméables le tassement se produira immédiatement sous l'application de la charge. Par contre, les dépôts composés d'argile auront des tassements qui se produiront sur de longues périodes de temps puisque l'eau contenue entre les grains est incompressible et doit par ailleurs être évacuée pour qu'il y ait tassement. Il est alors important de connaître les propriétés de perméabilité du sol avant d'y effectuer des travaux de compaction. Il peut également être intéressant de connaître la compacité d'un sol avant de l'aménager, c'est-à-dire jusqu'à quel point le sol est compact à l'état naturel, donc avant que l'on y applique une charge. Il semble difficile d'évaluer la compacité d'un dépôt. Celle-ci peut cependant être

connue par la mesure de l'indice de pénétration standard (N). Cet indice correspond au nombre de coups nécessaires pour enfoncer une tige dans le sol à l'aide d'un marteau tombant en chute libre (tableau 5). On peut trouver l'indice N de certains sédiments par le biais de rapports géotechniques réalisés dans la région.

**Tableau 5 : Compacité des matériaux**

Compacité	Indice N (coups/300 mm)
Très lâche	0 - 4
Lâche	4 - 10
Compact	10 - 30
Dense	30 - 50
Très dense	> 50

Tiré de : Les Laboratoires Shermont (Sherbrooke) Inc (1996)

### c) Capacité portante

La capacité portante peut être définie comme étant l'habilité d'un dépôt à supporter le poids d'une structure (Beer 1990). Au Canada, on se réfère au Code national du bâtiment qui représente la capacité portant en pression admissible maximale sur le sol (tableau 6). En mécanique des sols, on cherchera à voir si l'ouvrage qui exerce une pression sur le sol dépasse la résistance au cisaillement de ce sol. De cette façon on pourra déterminer la capacité portante (Gosselin 1976). À titre de référence, la charge au sol d'une industrie légère est de moins de 50 kPa, d'une industrie moyenne entre 50 et 200 kPa, et celle d'une industrie lourde dépasse 200 kPa. Cependant, les capacités portantes requises pour supporter ces constructions sont respectivement de plus de 100 kPa, plus de 200 kPa et plus de 300 kPa pour l'industrie légère, moyenne et lourd (Théberge, 1986). L'érection de fondation sur un sol de faible portance par rapport à la pression exercée par la construction peut alors entraîner de sérieux dommages aux structures. Un sol inadéquat pour supporter des ouvrages immobiliers ou routiers peut connaître de dangereux problèmes d'instabilité et de subsidence (Beer, 1990). La présence de matière organique peut réduire les qualités de support du dépôt. Il

est donc préférable de dégarnir le sol de la matrice organique avant d'entreprendre des travaux de construction.

La roche saine a une capacité portante beaucoup plus élevée que les sédiments meubles. Celle-ci supporte des charges minimales de plus de 500 kPa. Les zones présentant les plus grandes capacités portantes sont donc celles où le roc affleure. Il reste cependant que la capacité portante des tills est aussi très bonne, alors que chez les sables et graviers elle est de bonne à faible selon leur état. L'érection de bâtiments sur une surface d'alluvions récentes est beaucoup moins recommandable. Leur capacité portante est de moyenne à faible suivant la variabilité des faciès de matériaux grossiers et fins. Les argiles à très faible teneur en eau peuvent quant à elles être considérées comme des matériaux à capacité portante de bonne à moyenne. Bien que dans plusieurs cas ils semblent convenir à l'implantation domiciliaire, certains dépôts d'argiles ont toutefois de faibles capacités de support étant donné leur structure. Par ailleurs, les argiles marines qui sont souvent qualifiées d'argiles sensibles, adoptent une structure dite en « château de carte » qui est très facile à déstabiliser. La nature de l'argile doit donc être considérée avant l'exécution des travaux de construction et, pour ce faire, des études appropriées sur la sensibilité des matériaux doivent être exécutées.

**Tableau 6 : Pression admissible de divers types de sols**

Type et état du sol ou de la roche	Pression admissible maximale (kPa)
Roche saine	500
Schiste argileux (shale)	300
Till (argile à blocs)	200
Gravier dur ou ferme	150
Sable dur ou ferme	150
Argile dure	150
Silt dur ou ferme (limon)	100
Argile ferme	75
Gravier mou	50
Sable mou	50
Argile molle	40

D'après : Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, 1995.



#### d) Susceptibilité au gel

Les principaux ennuis provoqués par l'action du gel peuvent être très pénibles et dispendieux car ils s'attaquent souvent aux infrastructures enfouis dans le sol. Le gel entraîne des dommages aux canalisations souterraines, le craquement des routes et des fondations de bâtiment, des soulèvements causant le bris de diverses infrastructures urbaines ou le dénivèlement de la surface d'un terrain. Il occasionne ces problèmes simplement par l'augmentation du volume du sol résultant de la formation de lentille de glace (Parent et Pineau, 1985). Tessier (1990) ressort trois conditions essentielles à l'action du gel : un froid intense, une alimentation en eau et un sol gélif. Le gel affectera davantage les sols à texture fine, étant donné que la faible porosité de ces matériaux ne peut accueillir l'accroissement du volume de l'eau se changeant en glace. Son action ne dépasse pas plus de 2 m sous la surface du sol. On peut donc éviter des problèmes de gel en reposant les fondations sur des matériaux plus poreux, en enfouissant les conduits d'eau ou d'égout sous la profondeur de gel et en drainant bien le sol.

#### 4.2.2. Nature des dépôts

L'identification des unités géomorphologiques sur le territoire permet, à un certain point, d'évaluer les propriétés des dépôts meubles. Selon Gosselin (1976), le mode de formation des dépôts donne un très bon aperçu qualitatif de sa capacité portante. Par exemple, les dépôts composés de grains de tailles variées contenant un faible pourcentage d'argile, comme les tills, forment de bons matériaux de fondation. L'analyse de l'origine des dépôts permet une estimation de sa composition granulométrique et texturale. Ces paramètres sont certes les plus utilisés pour caractériser les dépôts meubles. À partir de la texture et de la granulométrie, il est possible de déterminer leur perméabilité, leur susceptibilité à l'érosion, aux glissements, et certaines autres propriétés géotechniques. Évidemment, on ne cherche pas à remplacer les études granulométriques faites à l'aide d'échantillon de sol. Des mesures plus détaillées en laboratoire doivent être prises pour les travaux de construction demandant une connaissance plus

approfondie des caractéristiques d'un site. Parent et Pineau (1985) ont réalisé une grille permettant d'évaluer certaines propriétés propres aux sédiments du Quaternaire (annexe 2).

Comme nous l'avons mentionné auparavant, à partir d'informations sur la texture et la composition granulométrique des sédiments, une interprétation de leurs propriétés peut être effectuée. La classification unifiée peut devenir un outil très utile en ce sens (Tessier, 1990). Elle fournit une description qualitative des propriétés géotechniques des sols selon un classement textural de ceux-ci. Étant dressée à des fins d'ingénierie, son application sert avant tout à des études de développement urbain et périurbain. Elle peut donc être très utile pour acquérir une connaissance plus détaillée du territoire.

#### 4.2.3. Épaisseur des dépôts et stratigraphie

En aménagement, on utilise les informations sur l'épaisseur des dépôts pour connaître avant tout la profondeur du substratum rocheux. Cette variable permet d'identifier les secteurs propices ou non à l'établissement d'aménagement nécessitant des travaux d'excavation. Pour certains travaux de construction, une faible épaisseur de dépôts augmente les coûts d'excavation alors que, pour d'autres, la présence du roc à de faibles profondeurs est préférable. On n'a qu'à penser à la construction d'édifices à grande envergure qui demande des fondations solides. Un dépôt peu profond permet sans trop d'inconvénient d'ancrer ces établissements au socle rocheux. Dans ce cas, un dépôt de plus de 5 m d'épaisseur devient une contrainte pour l'affectation industrielle et pour certains établissements commerciaux (tableau 7). D'un autre côté, la présence du roc complique l'implantation des infrastructures routières, du réseau d'égout et d'aqueduc, des fondations domiciliaires et des installations septiques. Des travaux de dynamitage sont alors nécessaires ce qui cause des frais supplémentaires d'installation. Le drainage du sol peut aussi être affecté par la faible épaisseur des dépôts car l'imperméabilité du substratum rocheux cause une saturation en eau plus rapide. C'est également ce qu'occasionnent tout autres matériaux

imperméables, d'où l'importance de connaître la stratigraphie des dépôts sous-jacents aux dépôts de surface. L'existence d'une stratigraphie complexe peut provoquer des risques de glissement de terrain. Elle peut aussi nous informer sur la présence d'une couche imperméable séparant des dépôts plus poreux qui sont le site de circulation de nappes d'eau, de même que sur l'existence d'une vallée fossile propice à la formation de nappes aquifères qui elles sont des sources importantes d'eau potable.

**Tableau 7 : Contraintes relatives à la profondeur du substratum rocheux**

Aménagement	CONTRAINTES			
	Faible	Modérée	Sévère	Remarque
Résidentiel	> 1,5 m	0,75 à 1,5 m	< 0,75 m	Roc augmente les coûts d'excavation
Commercial	2 à 4 m	1 à 2 m et > 4 m	< 1 m	Construction commerciale de grandes envergures
Industriel	2 à 4 m	1 à 2 m et > 4 m	< 1 m	Besoin d'ancrer les fondations dans le roc
Agricole	> 1 m	0,5 à 1 m	< 0,5 m	Roc représente une perte de sol cultivable
Récréatif	> 1 m	0,5 à 1 m	< 0,5 m	Roc représente des dangers de blessure
Infrastructures routières	> 1,5 m		< 1,5 m	Roc augmente les coûts d'excavation
Conduits d'aqueducs et d'égouts	> 2 m		< 2 m	Un faible enfouissement augmente les risques de gel
Installations septiques	> 1,5 m	0,75 à 1,5 m	< 0,75 m	Roc présente des troubles de filtrage des eaux usées

Adapté de : Kugler-Gagnon (1974), Parent et Pineau (1985) et Walmsley (1976).

#### 4.3. Zones à risques

L'érosion, les mouvements de terrain et les inondations sont les principaux risques rencontrés dans nos régions. Bien que l'érosion hydrique constitue un risque de moindre ampleur, elle doit tout de même être prise en considération. Celle-ci implique des coûts d'aménagements supplémentaires au même titre que les autres risques naturels. La délimitation de ces zones à risques vise donc à éviter certaines conséquences fâcheuses pouvant aller jusqu'à la destruction d'ouvrage.



#### 4.3.1. Érosion hydrique

Dans nos régions, l'eau est le principal agent d'érosion des sols. Il affecte nos sols par l'action du ruissellement qui s'accroît avec l'inclinaison, la longueur de la pente et la compacité du sol. La composition granulométrique des dépôts meubles joue un rôle déterminant dans l'érosion des sols. Les matériaux fins, principalement les particules allant des silts aux sables fins, sont facilement transportés par l'action érosive de l'eau. La taille des grains de gravier et de sable moyen à grossier font d'eux des matériaux plus difficiles à transporter, alors que la cohésion entre les argiles rend également ces matériaux difficilement érodable. La perméabilité des sols est aussi un facteur déterminant d'érosion. Les sols perméables favorisent l'infiltration de l'eau diminuant ainsi l'érosion à la surface du sol (Ait Fora, 1995). Le ravinement et le sapement des berges sont les formes d'érosion les plus importantes à identifier sur le territoire. Ce sont des processus lents mais pouvant provoquer à long terme une diminution de la surface aménageable et affecter des terrains déjà aménagés.

#### 4.3.2. Mouvements de masse

Les mouvements de masse sont des phénomènes assez courants qui peuvent devenir très catastrophiques lorsqu'ils surviennent dans des zones habitées ou fréquentées. On n'a qu'à penser au glissement de terrain survenu à La Baie en 1996, ou à celui de Saint-Jean-Vianney en 1971 qui ont été très désastreux pour plusieurs résidents. De là l'importance de localiser ces zones à risques afin de protéger la population contre ces événements dramatiques. Gagnon (1974) a identifié 20 facteurs permettant de détecter des risques de glissement. Le tableau 8 nous résume l'intensité des risques de glissement provoqués par chacun de ces facteurs. Cette classification présuppose cependant la présence de matériaux à prédominance argileuse et la proximité d'un talus de terrasse ou d'un versant de cours d'eau. Les coulées argileuses font partie des plus importants mouvements de masse étant celles qui couvrent le plus de superficie. Dans les dépôts meubles, on peut rencontrer plusieurs autres types de mouvements de terrain dont : la reptation,

la solifluxion, la soffusion et les décrochements. Les éboulis et les éboulements surviennent quant à eux lors du détachement de parois rocheuses.

Les excavations exécutées lors de travaux de déblais peuvent occasionner de sérieux problèmes de stabilité. De tels travaux doivent tenir compte de la stabilité des sédiments et de leur pente d'équilibre. Packer (1964) a étudié l'angle de repos dans les dépôts glaciaires du sud de l'Ontario. Ses mesures donnent une pente moyenne d'équilibre de 44 % (23,9°) pour les sables, de 42 % (22,7°) pour les tills argileux, de 39 % (21,6°) pour les tills graveleux et de 38 % (20,6°), pour les tills

**Tableau 8 : Intensité des principaux facteurs susceptibles de provoquer des glissements de terrain**

<i>FACTEUR</i>	<i>RISQUE</i>
1- Présence d'argile : - sensible	Élevé
- peu sensible	Moyen
2- Pente du versant ou du talus : - plus de 30 % (>20°)	Élevé
- 20 à 30 % (12 - 20°)	Moyen
- 10 à 20 % (6 - 12°)	Faible
3- Épaisseur de l'argile : - plus de 20 m	Élevé
- 10 à 20 m	Moyen
- 3 à 10 m	Faible
4- Égouttement superficiel : - faible à mauvais	Élevé
- moyen	Moyen
5- Niveau de la nappe phréatique : - inférieur à 1 m	Élevé
- 1 à 2 m	Moyen
6- Érosion naturelle ou artificielle : - forte (plus de 1 m)	Élevé
- normale (0,3 à 1 m)	Moyen
7- Début de cisaillement	Élevé
8- Présence de sources	Élevé
9- Présence d'une zone de saturation	Élevé
10- Présence de plan d'infiltration d'eau	Élevé
11- Configuration topographique	Élevé
12- Fortes variations saisonnières du niveau de base des eaux (>3 m) au bas de la pente	Élevé
13- Présence de réservoirs artificiels à l'amont	Élevé
14- Présence d'anciens chenaux souterrains	Élevé
15- Construction domiciliaire	Élevé
16- Topographie du socle rocheux	Moyen
17- Changements sédimentologiques	Moyen
18- Surcharges locales	Faible
19- Infiltration différentielle	Faible
20- Vibrations	Faible

Tiré de Gagnon (1974)

indifférenciés et les argiles lacustres. Cependant, selon lui, la pente d'équilibre des dépôts meubles varie selon les conditions du sol (humidité, couverture végétale). Elle varie donc également d'une région à l'autre. Un terrain inondé d'eau voit ainsi l'angle de repos de ses dépôts diminuer de près de la moitié (tableau 9). C'est pour cette raison que les inondations de l'été 1996 ont été si dévastatrice provoquant plus de 300 glissements de terrain seulement dans la région du Saguenay (Gingras, 1996).

**Tableau 9 : Angles de repos de différents matériaux**

TYPES DE MATÉRIAUX	ANGLES DE REPOS	
	Non submergé	Submergé
Gravier propre (GW, GP)	75 % (37°)	40 % (22°)
Gravier + sable + argile (GM, GC)	58 % (30°)	33 % (18°)
Sable propre (SW, SP)	60 % (34°)	33 % (18°)
Sable fin (SM, SC)	48 % (26°)	22 % (12,5°)
Argile peu plastique (MH, CL)	48 % (26°)	Non utilisable
Argile plastique (MH, CH)	Fonction de la hauteur du remblais	
Remarques 1. Les pentes submergées du tableau ne tiennent pas compte de vagues. 2. Pour les sols sans cohésion, l'angle de repos ne dépend pas de la hauteur du remblai.		

D'après Tessier (1990)

#### 4.3.3. Inondations

Les risques d'inondation sont déterminés selon la fréquence des crues, soit les inondations dont la probabilité de récurrence est de 20 ans et de 100 ans. Les risques d'inondation de 20 ans sont identifiés comme la zone dite de « grand courant », alors que la période de récurrence de 100 ans est identifiée comme la zone dite de « faible courant » (Landry et Mercier, 1992). La zone de grand courant correspond au lit majeur saisonnier de la plaine alluviale qui sont les terres situées en bordure du plan d'eau. Ces terres sont normalement inondées lors de certaines fontes printanières. Elles s'étendent du lit mineur jusqu'à la limite du lit majeur exceptionnel sur lequel on retrouve la zone de faible courant. Cette dernière n'est envahie par les eaux qu'en période de crue exceptionnelle qui arrive théoriquement que tous les 100 ans. Les lits de la plaine alluviale sont souvent délimités par des talus d'érosion facilitant ainsi leur délimitation. Cependant, d'autres indices observables sur le terrain permettent de constater le niveau atteint



par les eaux, comme par exemple : les écorces d'arbre arrachées par la glace, les laisses (brins d'herbe, petite branche) accrochés aux branches ou amassés au pied d'un objet qui pouvait offrir un obstacle au courant, les dépôts alluvionnaires très récents (figure 7). Toute construction doit être prohibée à l'intérieur des limites de crue de 20 ans. Les constructions localisées dans les zones d'inondation centenaire doivent rencontrer certaines normes de protection telles que demandées par le ministère de l'Environnement du Québec (1982).



Figure 7 : Tronc écorché par les glaces lors de la montée des eaux. On peut aussi voir les brindilles d'herbe accumulées par le courant de crue au pied de l'arbre.

#### 4.4. Hydrographie

Le drainage des terres est un facteur très complexe influencé par plusieurs variables naturelles (pluviosité, perméabilité, etc.) et artificielles (surface dénudée et bétonnée, barrage, etc.). Lors de la planification de l'aménagement d'un vaste territoire, il est évidemment impossible de tenir compte de tous ces paramètres. Il est tout de même important de bien définir l'écoulement des eaux externes et internes. Leur influence est considérable sur l'aptitude des sols à recevoir des fondations, l'approvisionnement en eau potable ou même sur les dangers de

propagation d'une source polluante (site d'enfouissement sanitaire, traitement des eaux usées).

#### 4.4.1. Drainage

L'évacuation des eaux après averse est un élément très important pour certains aménagements. La qualité de drainage d'un sol est évaluée selon la facilité et la rapidité du retrait des eaux qui s'effectue soit par ruissellement ou par infiltration dans le sol. Selon Robitaille et Allard (1996), le drainage du sol est conditionné par six facteurs. Ceux-ci se rapportent à la position topographique, la perméabilité (compacité, granulométrie, etc.), l'épaisseur du dépôt, l'abondance et la régularité des apports d'eau, la nature du substratum rocheux et les niveaux oscillation de la nappe phréatique. Après analyse de ces facteurs sur le territoire, on peut classer le drainage du sol selon sept classes allant de « excessif » à « très mauvais » (tableau 10).

**Tableau 10 : Classes de drainage des sols**

Classe de drainage	Caractéristiques
Excessif 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'eau provient des précipitations et, parfois, du drainage latéral ;</li> <li>• l'eau disparaît très rapidement ;</li> <li>• la nappe phréatique est absente.</li> </ul>
Rapide 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'eau provient des précipitations ;</li> <li>• la nappe phréatique est habituellement absente ;</li> <li>• les dépôts sont peu absorbants.</li> </ul>
Bon 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'eau du sol provient des précipitations ;</li> <li>• l'eau excédentaire se retire facilement, mais lentement ;</li> <li>• la nappe phréatique est absente du premier mètre.</li> </ul>
Modéré 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'eau provient surtout des précipitations ;</li> <li>• l'évacuation de l'eau excédentaire est plutôt lente ;</li> <li>• la nappe phréatique n'est généralement pas visible dans le premier mètre.</li> </ul>
Imparfait 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'eau provient généralement des précipitations et des eaux souterraines ;</li> <li>• à certaines périodes de l'année, la nappe phréatique peut descendre à plus de 50 cm de la surface.</li> </ul>
Mauvais 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'eau provient des eaux souterraines et des précipitations ;</li> <li>• le dépôt est très humide et l'on observe un excès d'eau toute l'année ;</li> <li>• la nappe phréatique atteint fréquemment la surface.</li> </ul>
Très mauvais 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'eau provient des eaux souterraines et des précipitations ;</li> <li>• la nappe phréatique se maintient près de la surface toute l'année.</li> </ul>

Tiré de Robitaille et Allard (1996)

Tous travaux de construction doivent être exécutés avec prudence dans les secteurs où le drainage est imparfait. Un sol rencontrant des difficultés de drainage risque de se saturer en eau et de rendre instable les matériaux. D'après Gagnon (1972), un mauvais drainage associé à l'érosion du bas de la pente est la principale cause des glissements de terrain. En présence d'une stratigraphie complexe, ces risques sont accentués. Dans ces cas, on doit avoir recours à des travaux supplémentaires, comme par exemple l'extraction de la couche imperméable sous-jacente ou l'ancrage des fondations au roc. Il ne faut pas oublier que de tels travaux augmentent de beaucoup les coûts de construction. On doit donc idéalement éviter tout aménagement dans ces secteurs.

Contrairement aux formations à stratigraphie complexe, les sites très mal drainés sont relativement faciles à identifier sur le territoire. À ces endroits, le niveau de la nappe phréatique atteint, ou parfois même dépasse, la surface du sol. La sursaturation en eau du sol rend ces sites défavorables à tout type d'aménagement urbain et périurbain. De plus, certaines de ces zones sont particulièrement riches en faune et en flore. Elles sont souvent considérées par les écologistes comme des habitats fauniques à protéger. Or, on peut après une première analyse du territoire rejeter toute construction dans les secteurs hydromorphes et prévoir les zones où l'aménagement doit être planifié conséquemment aux sources potentielles de pollution.

#### 4.4.2. Eaux souterraines

L'étude d'un territoire devient toujours très complexe lorsqu'il est question de connaître les activités du sous-sol. Les essais piézométriques nous permettent de mesurer le comportement des eaux souterraines d'un site spécifique. Pour connaître l'écoulement des eaux souterraines à la grandeur d'un territoire une interpolation de ces mesures serait possible mais peu efficace. Étant donné la complexité du sous-sol, l'interpolation de ces mesures sur tout un territoire comporterait un degré d'erreur trop élevé. On doit donc s'en tenir à une étude ponctuelle des eaux souterraines et s'en remettre à l'interprétation de ces mesures



pour avoir une idée générale du mouvement de ces eaux sur l'ensemble du territoire.

L'analyse des eaux souterraines permet avant tout de connaître la profondeur d'écoulement de la nappe phréatique. Ces données sont très importantes à posséder, afin de protéger la nappe phréatique contre toutes sources de pollution lors des travaux d'excavation. En aménagement, il faut éviter les sites où la nappe est trop près de la surface. La profondeur de l'eau aura un faible impact sur la majorité des aménagements si elle est située à plus de 1,5 m de la surface du sol. Une nappe d'eau souterraine située en deçà de cette limite risque d'entraîner des problèmes de pollution ou d'instabilité dans les fondations (installation septique, enfouissement sanitaire).

L'écoulement souterrain peut aussi causer des troubles d'instabilité dans les formations meubles par suffosion (Campy et Macaire, 1989). La circulation de l'eau sur une couche imperméable entraîne la migration des particules fines suivant l'écoulement de l'eau. La couche sus-jacente est ainsi érodée à sa base sous forme d'un tunnel, entraînant l'affaissement des dépôts meubles. Lorsque ce phénomène de drainage naturel se produit à de faibles profondeurs, il se répercute habituellement en surface occasionnant la création d'un vide. Le vide ainsi créé prend généralement la forme d'une rainure d'érosion dont la largeur est moindre que celle du tunnel d'écoulement.

#### 4.5. Synthèse des facteurs de contrainte

Les facteurs de contrainte ont été ressortis pour 5 types d'affectations, soit les affectations résidentielle, récréative, agricole, commerciale et industrielle. Le choix de ces affectations a été établi en tenant compte de l'utilisation du sol dans la région urbaine et périurbaine de Coaticook. Étant donné que notre but est de simplifier la tâche aux utilisateurs, nous avons cherché à mettre en relation certains de ces facteurs, afin de diminuer le nombre de variables. Les propriétés

géotechniques telles la capacité portante, la susceptibilité au gel, la perméabilité et la compressibilité peuvent être évaluées en connaissant la nature des matériaux. En disposant d'informations sur la texture des sédiments ou même sur les unités géomorphologiques, il est alors possible d'évaluer ces propriétés. Étant donné que ces informations sont les plus faciles et les moins coûteuses à recueillir, la réalisation d'études de terrain supplémentaires n'étant pas nécessaire, les coûts s'en trouvent de beaucoup diminués.

Les tableaux 11, 12, 13 et 14 donnent les résultats ressortis de la synthèse effectuée sur les facteurs de contrainte d'aménagement. Ils ont été adaptés d'après les ouvrages exécutés par divers auteurs. Ils suggèrent les paramètres de contrainte physique à retenir pour attribuer une affectation à une zone. Leur utilité sert à vérifier la compatibilité des affectations susmentionnées avec les propriétés du territoire. Les caractéristiques tirées de ces tableaux permettent de confronter chacune des activités avec les zones de contraintes définies sur le territoire. Ces zones sont alors identifiées selon trois catégories : favorables, acceptables ou défavorables. Ceci nous permettra de déterminer dans chacune des zones de contraintes les affectations aptes à être acceptées sans contraintes majeures et d'en exclure d'autres que les caractéristiques du terrain ne permettent pas n'étant pas favorables aux activités urbaines et périurbaines. Par contre, en exécutant la synthèse des travaux antérieurs sur les contraintes d'aménagement, il est devenu évident qu'il était impossible de satisfaire à nos exigences face à la définition des contraintes pour chaque affectation. C'est pourquoi le choix des paramètres est basé sur l'activité principale reliée à l'affectation. Étant donné la diversité des activités entourant la fonction récréative, nous avons dû nous restreindre à une seule activité, soit les terrains de jeux.

**Tableau 11 : Caractéristiques des facteurs de contrainte pour l'affectation d'activités résidentielles sur le territoire**

	FACTEURS	NIVEAU DES CARACTERISTIQUES		
		Favorable	Acceptable	Non favorable
Topographie	Pente	0,5-8 %	0-0,5 % 8-15 %	> 15 %
	Uniformité du relief	Uniforme, légèrement ondulé	Plat et succession de replat, fortement ondulé	Fortement bosselé avec affleurement rocheux, topo. accidentée
Propriété des dépôts	Texture	Grossière avec peu ou pas de fine	Grossière avec fine	Grossière avec beaucoup de fine, fine, organique
	Profondeur du roc	> 1,5 m	0,75 à 1,5 m	< 0,75 m
	Unité géomorphologique	Esker, plaine d'épandage, delta	Moraine de fond, rivage glaciolacustre, plaine alluviale	Till mince sur roc, glaciolacustre fin, matière organique
Risque naturel	Érosion	Très faible à faible	Moyen	Fort à très fort
	Mouvements de masse	Nul	Nul	Moyen à élevé
	Inondation (récurrence)	> 100 ans	> 20 ans	< 20 ans
Hydrographie	Drainage	Excessif à bon	Modéré à imparfait	Mauvais à très mauvais
	Profondeur de la nappe phréatique	> 1,5 m	0,75 à 1,5 m	< 0,75 m

Adapté de De Chiara et Koppelman (1984); Kugler Gagnon (1974); Parent et Pineau (1985); Provencher et Thibault (1979); Walmsley (1976).

**Tableau 12 : Caractéristique des facteurs de contrainte pour l'affectation d'activités commerciales et industrielles sur le territoire**

	FACTEURS	NIVEAU DES CARACTERISTIQUES		
		Favorable	Acceptable	Non favorable
Topographie	Pente	0,5-4 %	0-0,5 % 4-8 %	> 8 %
	Uniformité du relief	Uniforme, relief plat	Relief ondulé	Fortement bosselé, succession de replat, topo. accidentée
Propriété des dépôts	Texture	Grossière avec peu ou pas de fine	Grossière avec fine	Grossière avec beaucoup de fine, fine, organique
	Profondeur du roc	1,5 à 5 m	> 5 m	< 1,5 m
	Unité géomorphologique	Till mince sur roc, moraine de fond	Rivage glaciolacustre, esker, delta, plaine alluviale ou d'épandage	Glaciolacustre fin, matière organique
Risque naturel	Érosion	Très faible à faible	Moyen	Fort à très fort
	Mouvements de masse	Nul	Nul	Moyen à élevé
	Inondation (récurrence)	> 100 ans	> 20 ans	< 20 ans
Hydrographie	Drainage	Excessif à modéré	Imparfait	Mauvais à très mauvais
	Profondeur de la nappe phréatique	> 1,5 m	0,75 à 1,5 m	< 0,75 m

Adapté de De Chiara et Koppelman (1984); Kugler Gagnon (1974); Parent et Pineau (1985); Provencher et Thibault (1979).



**Tableau 13 : Caractéristique des facteurs de contrainte pour l'affectation d'activités agricoles sur le territoire**

	FACTEURS	NIVEAU DES CARACTERISTIQUES		
		Favorable	Acceptable	Non favorable
Topographie	Pente	< 10 %	0-0,5 % 10-20 %	> 20 %
	Uniformité du relief	Uniforme, légèrement ondulé	Relief ondulé et peu raviné	Relief accidenté et fortement raviné
Propriété des dépôts	Texture	Fine : silt argileux	Sableuse : sable fin ou silto-graveleux	Grossière : sable grossier, gravier, organique
	Profondeur du roc	> 1 m	0,5 à 1 m	< 0,5 m
	Unité géomorphologique	Plaine alluviale ou d'épandage	Till mince sur roc, moraine de fond, delta, rivage glaciolacustre	Roc, esker, tourbière
Risque naturel	Érosion	Très faible à faible	Moyen	Fort à très fort
	Mouvements de masse	Nul	Moyen	Élevé
	Inondation (occurrence)	> 20 ans	entre 20 et 5 ans	< 5 ans
Hydrographie	Drainage	Rapide à modéré	Imparfait	Excessif et mauvais à très mauvais
	Profondeur de la nappe phréatique	> 1,5 m	0,75 à 1,5 m	< 0,75 m

Adapté de Parent et Pineau (1985) ; Gagnon (1974).

**Tableau 14 : Caractéristique des facteurs de contrainte pour l'affectation d'activités récréatives (terrain de jeu) sur le territoire**

	FACTEURS	NIVEAU DES CARACTERISTIQUES		
		Favorable	Acceptable	Non favorable
Topographie	Pente	0,5-2 %	0-0,5 % 2-5 %	> 5 %
	Uniformité du relief	Uniforme, légèrement ondulé	Relief ondulé et bosselé	Topo. accidentée et raboteuse
Propriété des dépôts	Texture	Loam sableux, loam, loam silteux 0-2 % de gravier	Loam argileux, sable loameux 2-20 % de gravier	Argile, argile sableux, argile silteux > 20 % de gravier
	Profondeur du roc	> 1 m	0,5 à 1 m	< 0,5 m
	Unité géomorphologique	Plaine alluviale ou d'épandage. (0 % affleurement)	Esker, moraine de fond, delta, rivage glaciolacustre (< 2 % affleurement)	Till mince sur roc, roc, glaciolacustre fin, tourbière (> 2 % affleurement)
Risque naturel	Inondation	Aucun durant l'utilisation	Possible durant l'utilisation	Forte probabilité durant l'utilisation
Hydrographie	Drainage	Excessif à bon	Modéré	Imparfait à très mauvais
	Profondeur de la nappe phréatique	N'atteint jamais la surface du sol	Atteint très rarement la surface du sol	Près de la surface du sol

Adapté de Parent et Pineau (1985) ; Provencher et Thibault (1979).

## 5. Analyse du territoire

### 5.1. Localisation des données

Afin d'en arriver à une connaissance approfondie du territoire, il est de mise d'amasser le maximum d'information sur le sol et le sous-sol de la région d'étude. Cent soixante-dix-huit données ont été amassées à travers divers organismes publics et privés ainsi que par une campagne de terrain. Sur la carte qui suit (figure 8) nous présentons la localisation de toutes les données ponctuelles recueillies sur le territoire. Les étiquettes attachées à chacun des points sur la carte correspondent au numéro du forage inscrit dans la base de données (annexe 3).

Parmi les données recueillies on compte les forages de puisatiers qui fournissent de l'information sur la stratigraphie des dépôts, sur la profondeur du substratum rocheux et sur les eaux souterraines. Ces données comportent cependant certaines informations pouvant porter à confusion, notamment sur leur localisation, leur altitude et la nature des dépôts. En situant les forages sur la carte topographique, on a pu constater une incohérence entre l'altitude de certaines données de forage et l'altitude obtenue sur la carte après la localisation du puits. Quelques forages ont donc été corrigés soit en les relocalisant à la bonne altitude ou en rectifiant les informations de la base de données. Cet exercice a ainsi permis de rendre conformes les données retranscrites sur les cartes avec les informations constituant la banque de données. En ce qui a trait à la validation des informations portant sur la nature des dépôts, l'exercice demande une plus grande connaissance du territoire et du sol. La confusion vient souvent d'une mauvaise connaissance des dépôts constituant le sol, mais également dans la nomenclature employée par les puisatiers. Un exemple très fréquent est l'emploi du terme «argile à blocs» pour définir des dépôts que le géomorphologue identifie comme étant des «tills». Une retranscription tronquée de ce terme dans l'annuaire des puits et forages (ministère







des Ressources naturelles du Québec, 1981) changerait la nature du dépôt pour le décrire comme étant une argile. Les forages ont donc été revus un à un afin de vérifier la nature des dépôts et d'en changer la nomenclature lorsqu'elle portait à confusion avec les dépôts retrouvés sur le territoire.

Les rapports de forages géotechniques livrent à leur tour de l'information sur la composition des dépôts et la profondeur de la nappe d'eau. Ceux amassés dans la région d'étude nous informent par contre très peu sur la profondeur du substratum rocheux. Ils s'avèrent cependant une source précieuse d'information sur les propriétés géotechniques des matériaux. Ils fournissent de l'information sur la densité des matériaux, leur capacité portante, leur perméabilité, l'indice N de pénétration standard, le niveau atteint par le gel et l'état du sol, c'est-à-dire son aptitude à accueillir une construction.

Les coupes observées dans les dépôts meubles donnent également un très bel aperçu de la nature des dépôts. Ces coupes sont particulièrement utiles dans les secteurs où les forages géotechniques et de puisatiers sont inexistantes. Elles servent à préciser l'identification des unités géomorphologiques retrouvées sur le territoire. Les deux coupes décrites par McDonald (1967) (annexe 2), offrent un exemple approprié de l'utilité de celle-ci. Elles donnent une description détaillée de la complexité des dépôts retrouvés sur le versant Est de la vallée. Finalement, une étude approfondie du territoire a permis la localisation de plus d'une soixantaine d'affleurement rocheux. Ceux-ci fournissent un coup d'œil rapide sur la présence du substratum rocheux localisé à la surface du sol.

## 5.2. Méthode d'analyse topographique

La carte des pentes rend possible une analyse générale, de l'inclinaison de la surface du sol. Basée sur la carte topographique au 1 : 20 000 du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (1994), elle sert à simplifier l'interprétation

du relief du terrain. Elle rend alors la lecture plus facile aux utilisateurs peu familiers avec la carte topographique.

Cette carte consiste à représenter la classe de pente comprise entre les courbes de niveau. L'intervalle des pentes de chaque classe doit prendre en considération les contraintes des activités retenues, mais également l'échelle de la carte. Des intervalles trop rapprochés peuvent rendre la tâche ardue, puisque l'on peut parler d'une différence entre deux classes de près de 1 mm sur la carte au 1 : 20 000. Plus les pentes sont fortes, plus la distance entre les courbes de niveau se rétrécit. C'est donc pour cette raison que les classes ne sont pas construites à des intervalles réguliers.

La méthode employée a nécessité la construction d'un abaque tenant compte de l'échelle de la carte et de l'équidistance entre les courbes de niveau (10 m). Toutefois, l'emploi d'une carte topographique permet difficilement de discerner certains indices importants du relief. Les replats et les talus qui brisent l'uniformité du relief peuvent facilement être négligés par une simple interprétation de la carte topographique. L'absence de ces éléments dans l'analyse des pentes peut minimiser la valeur de certaines d'entre elles lors de la confection de la carte des pentes (Provencher et Thibault, 1979). Il est possible de remédier à ce problème en effectuant un examen plus approfondi nous permettant d'identifier ces éléments du relief. Cet examen fait par photo-interprétation a été appuyé par une visite sur le terrain afin de couvrir certaines zones difficiles à analyser sur les photographies aériennes. Ainsi, une fois les talus et replats identifiés, on obtient une lecture plus réelle de la carte topographique et, par conséquent, une représentation des pentes plus convenable.

### 5.3. Topographie

Comme nous le présentons sur la figure 9, la région d'étude comprend généralement des pentes de moins de 8 %. Les secteurs les moins problématiques se retrouvent sur le haut des versants qui offrent une surface de plateau avec des

pentres entre 0 et 4 %. Lorsqu'on s'éloigne davantage de la vallée, la géomorphologie se transforme légèrement pour laisser place à une surface ondulée à bosselée. Par conséquent, ces secteurs peuvent atteindre des pentes avoisinant les 8 %, ce qui rend plus ardu certains travaux d'aménagement. Le fond de la vallée offre également une surface favorable à tous les types d'aménagement. Les secteurs bordant la rivière Coaticook présentent des pentes variant entre 0 et 4 %. Ces secteurs caractérisés par la plaine alluviale peuvent cependant présenter des problèmes de drainage aux endroits où l'inclinaison de la pente est nulle, c'est à dire à moins de 0,5 %.

Les secteurs qui deviennent moins convenable à l'implantation d'infrastructure se retrouvent directement sur les versants de la vallée. On constate aisément que le versant Ouest est beaucoup moins prononcé que celui situé à l'est de la rivière Coaticook. L'absence de pente supérieure à 8 % dans le sud de la municipalité rend ce versant plus favorable à l'aménagement, le nord et le sud étant séparé par la gorge de Coaticook. En gravissant le versant Est, on peut voir la pente s'accroître à plus de 8 %, mais demeurer tout de même sous les 15 %. Cette situation rend toutefois le milieu moins apte à la réalisation de certains travaux d'aménagement, entre autre la construction routière et l'implantation d'activité industrielle, commerciale et récréative. On voit également apparaître des problèmes de ravinement qui complique l'entretien des terrains. Dans le nord de la municipalité, l'exécution de travaux de construction sur les versants est encore plus problématique. Dans ces secteurs, les pentes se situent généralement à plus de 8 % et dépasse même 15 %. On peut toutefois rencontrer au bas du versant quelques replats présentant des pentes de moins de 8 %, qui sont le site d'activités résidentielle et agricole. Sur le versant Est, la réalisation de tous projets de construction est à proscrire, les pentes atteignant 15 %, de la gorge jusqu'à l'extrême nord de la zone d'étude. Le versant Ouest n'est pas exclu de la présence de telles pentes. On retrouve également des inclinaisons de plus de 15 % sur ce versant mais sur de plus faibles étendues.



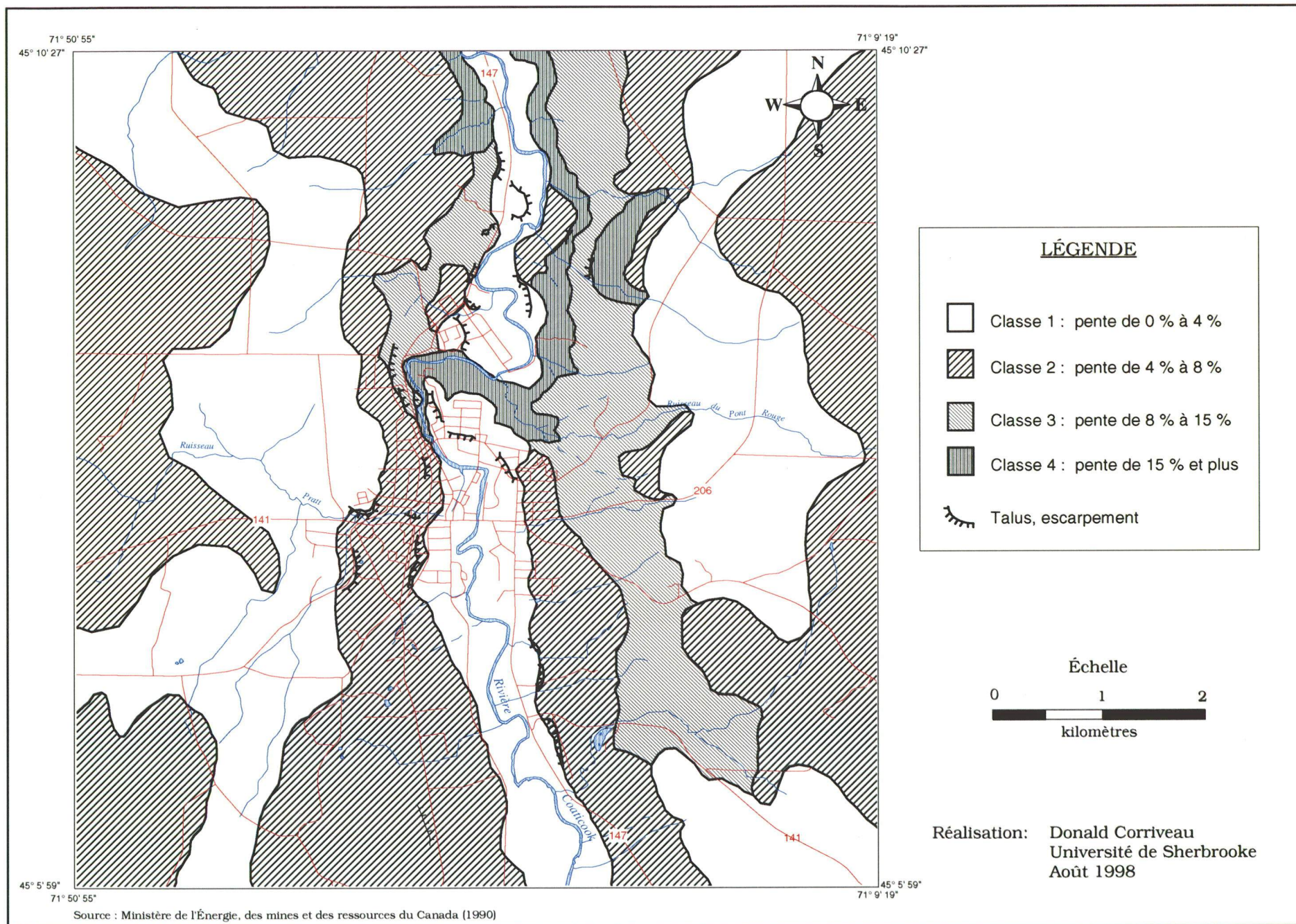


Figure 9 : Carte des pentes : région de Coaticook



#### 5.4. Méthode d'analyse de l'épaisseur des dépôts meubles

La carte d'épaisseur des dépôts meubles est réalisée à partir des données ponctuelles recueillies. Le système d'information géographique (SIG) « Idrisi » est utilisé pour faciliter sa création. Les informations tirées des annuaires des puits et forages permettent de calculer l'épaisseur des dépôts reposant sur la roche en place. Associées aux affleurements rocheux, ces données sont intégrées dans le SIG, ce qui nous permet d'effectuer l'interpolation de ces points. Étant donné que l'interpolation nous donne les valeurs approximatives d'épaisseur entre les forages, on peut ainsi voir la tendance de l'épaisseur des dépôts sur l'ensemble du territoire. Il faut cependant considérer le résultat avec réserve. L'irrégularité entre les points et leur faible densité diminuent la précision de l'interpolation. Pour obtenir une meilleure conformité de l'épaisseur des dépôts avec la réalité, il aurait été préférable de disposer d'un nombre plus considérable de données. L'utilisation du SIG permet cependant de renouveler la banque de données améliorant ainsi à long terme la précision de l'information. La carte offre malgré tout un aperçu de l'épaisseur des dépôts recouvrant l'ensemble du territoire et, par le fait même, de la profondeur du substratum rocheux.

#### 5.5. Tendance de l'épaisseur des dépôts meubles

Les accumulations de dépôts meubles recouvrant le substratum rocheux varient énormément sur l'ensemble du territoire (figure 10). La section du territoire située à l'ouest de la rivière Coaticook est en général recouverte de moins de 5 m d'épaisseur de sédiments mais a tendance à s'élever graduellement de 5 à 10 m vers le sud-ouest du territoire. À plusieurs endroits dans cette section, l'épaisseur des dépôts atteint moins de 1 m d'épaisseur, notamment dans le secteur sud-ouest et près de la grange étable du Centre d'initiation à l'agriculture situé sur la rue Morgan. Ces secteurs sont caractérisés par une forte densité d'affleurement rocheux. À certains endroits, dans le sud-ouest du territoire, le roc ne peut être

rencontré à moins de 20 m de profondeur, mais sur de faibles superficies. Il est très important de noter, que peu de forages ont été relevés dans les dépôts constituant l'esker. C'est donc pour cette raison que l'épaisseur des sédiments paraît irréaliste à cet endroit. On doit donc tenir compte, dans notre analyse, d'une épaisseur de sédiments plus considérable cet endroit.

Dans la section située à l'est de la rivière, l'épaisseur des dépôts est beaucoup plus considérable. Cette section comprend à plusieurs endroits plus de 10 m de dépôts meubles et même plus de 25 m dans le sud du territoire. Mis à part ces secteurs, on retrouve tout de même des dépôts d'une épaisseur inférieure à 5 m, et même inférieure 1 m, de l'est au nord-est du territoire à l'étude. La carte des tendances donne également des épaisseurs de moins de 5 m au centre du versant Est. Ces valeurs seraient toutefois causées par la présence d'affleurements rocheux dénudés par l'encaissement de la rivière du Pont Rouge.

Bien que l'exercice puisse s'avérer peu concluant dans certaines zones, dans d'autres, il nous permet d'effectuer certaines observations intéressantes, notamment sur la localisation de la vallée fossile (ou vallée enfouie) qui peut constituer une source aquifère importante. La zone représentée par des épaisseurs supérieures à 25 m nous donne un aperçu de l'emplacement de cette ancienne vallée qui a été enfouie sous des dizaines de mètres de dépôts meubles. Cette zone part du sud-est du territoire et se poursuit vers le nord longeant la rivière Coaticook. Il est toutefois difficile de retracer avec précision l'axe principal de la vallée fossile car très peu de forages réalisés dans ce secteur ont atteint le roc. Certains forages effectués dans cette zone, ont été réalisés sur plus de 60 m sans avoir atteint le substratum rocheux (annexe 3). Un forage exécuté près de la jonction des routes 141 et 147 nous indique que le roc se trouverait même à plus de 82 m de profondeur. Dans le nord du territoire, où l'altitude du fond de la vallée actuelle est plus basse d'environ 50 m que dans le secteur sud, le roc a été atteint sous 44 m de dépôts. On ne peut cependant affirmer que l'axe de la vallée fossile se trouve à l'endroit où a été effectué le forage.



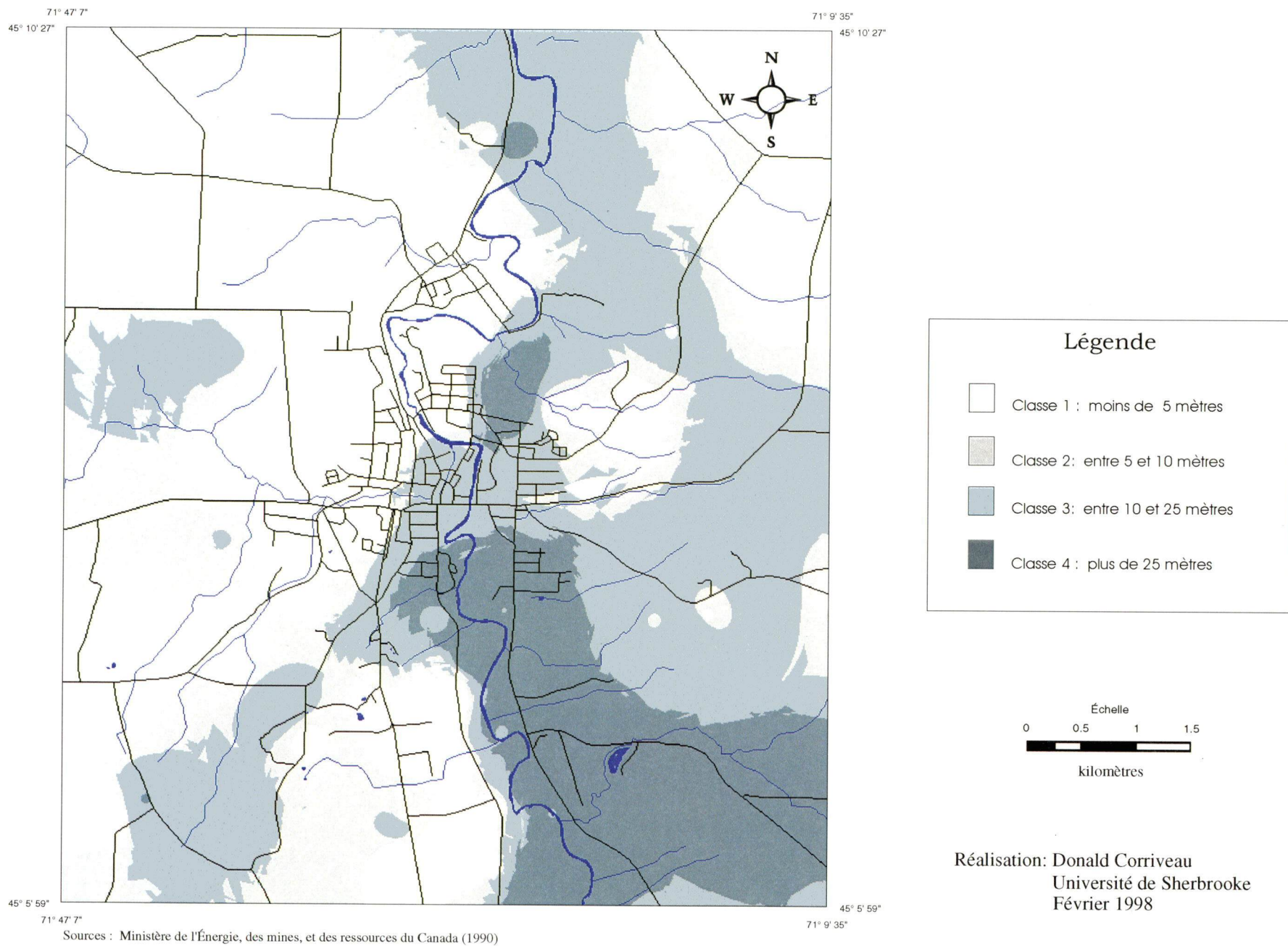


Figure 10 : Carte de la tendance de l'épaisseur des dépôts : région de Coaticook

## 5.6. Méthode d'analyse des risques naturels et des dépôts meubles

La carte des dépôts meubles reproduits spontanément le résultat du passage des glaciers. Elle représente les sédiments déposés au cours de la période quaternaire. Cette carte a été réalisée en tenant compte des études antérieures sur la région ainsi que des observations faites sur le terrain et sur photographie aérienne. La carte des risques naturels a été construite en suivant la même méthode d'analyse du territoire. Celle-ci tient à reproduire la dynamique du territoire résultant des agents d'érosion et d'inondation. Les zones à risque d'inondation ont été déterminées principalement à partir de l'interprétation de photographies aériennes. La zone à moyen risque d'inondation (occurrence 20 ans) a été délimitée en retraçant la limite du lit majeur de la rivière. La zone à faible risque d'inondation (occurrence 100 ans) correspond, quant à elle, à la plaine d'inondation.

Des zones à risque de mouvement de terrain ont été délimitées qualifiant ainsi l'instabilité des versants. Des indices de mouvements de terrain telles des cicatrices de glissements et l'inclinaison des arbres peuvent être retracés à l'aide de la photo-interprétation et des observations de terrain (figure 11). Les zones à risques élevés comprennent des mouvements de terrain d'importance tels les éboulements rocheux et les décrochements dans les matériaux meubles. La fréquence des mouvements de terrain n'est pas nécessairement plus élevée dans cette zone que dans celle de faible à moyen risque. Elle représente plutôt les secteurs où les mouvements de terrain peuvent atteindre de plus grandes envergures. Les zones de faible à moyen mouvement de terrain sont caractérisées par des mouvements de plus faible importance tels la solifluxion et la reptation.

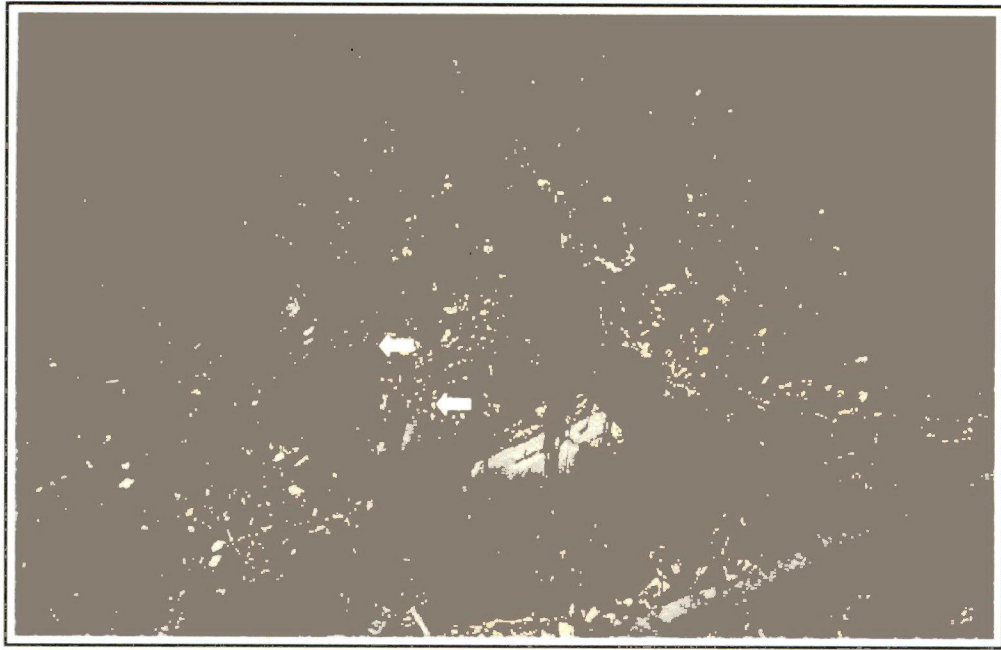


Figure 11 : Arbres inclinés et trace de boue sur le tronc indiquant l'ampleur d'un glissement de terrain (parc de la Gorge, sur le talus derrière la polyvalente).

### 5.7. Risques naturels

Comme le démontre la carte des risques naturels, les zones à risques se concentrent au centre du territoire (figure 12). Au fond de la vallée, la rivière présente des risques d'inondation qui ne semblent toutefois pas constituer une menace considérable pour les infrastructures en place. Jusqu'à aujourd'hui, très peu de constructions ont été réalisées dans les zones inondables, ces secteurs ayant été respectés des aménagistes. De plus, le barrage municipal, situé près du pont en amont de la gorge, permet une régularisation de l'écoulement des eaux lors des fortes crues. Il n'en reste pas moins que certains secteurs semblent touchés annuellement par un débordement de la rivière, mais sur de faibles superficies. La présence de bourrelets d'inondation sur les abords du cours d'eau est un indice de ces fréquents débordements. On en retrouve particulièrement dans le sud du territoire, en amont de la zone urbanisée. Ces débordements ne sont cependant pas



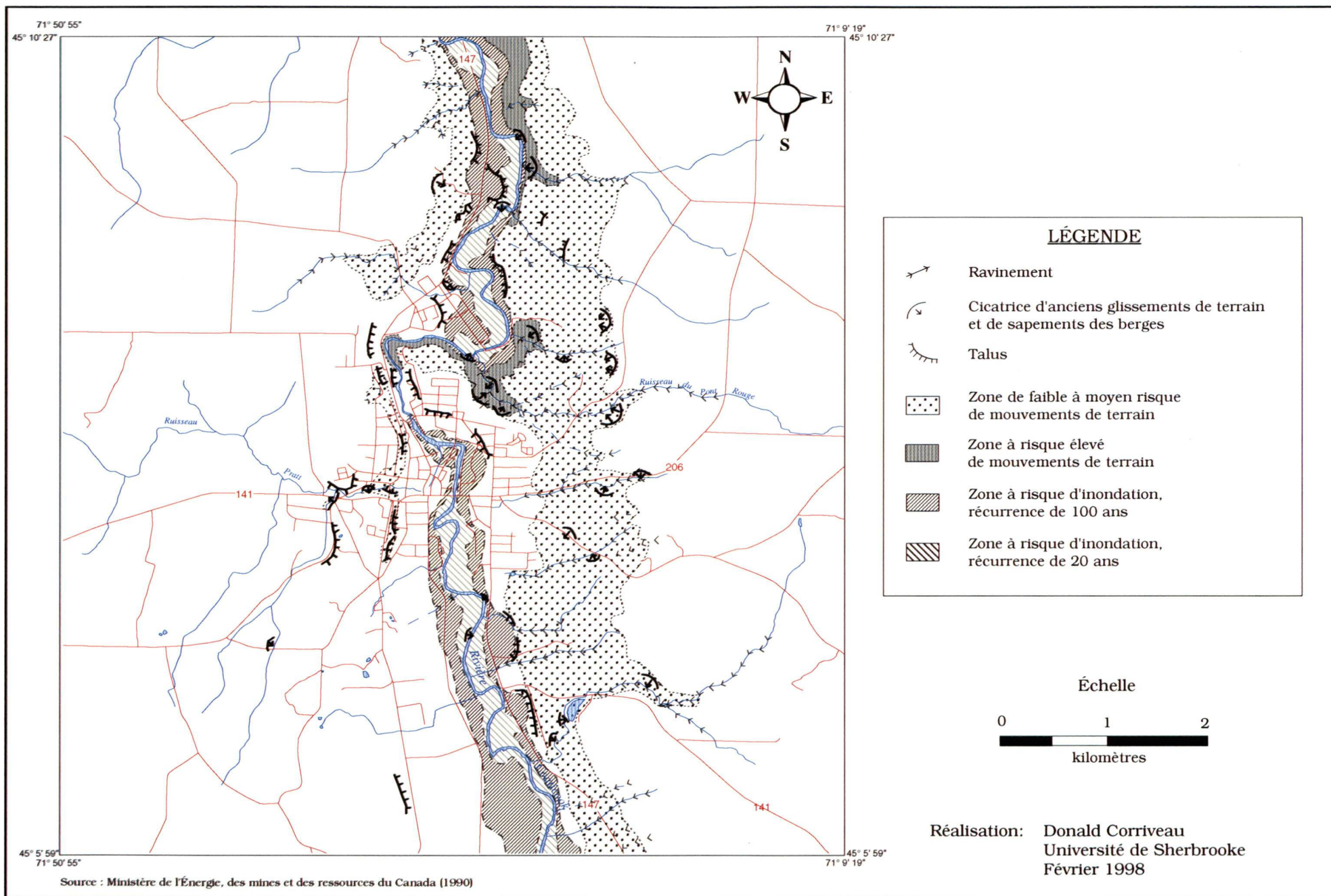


Figure 12 : Carte des risques naturels : région de Coaticook

dangereux s'exerçant sur des terrains vacants ou agricoles. Des dommages plus importants seraient par contre à prévoir dans le secteur nord du territoire, lors d'inondations de 100 ans ou de 20 ans. Le nombre de constructions situées dans les zones d'inondation est plus important en aval de la gorge.

Comme il a été mentionné au troisième chapitre, le versant oriental est beaucoup plus instable que celui à l'ouest de la rivière. Il est affecté par un ravinement plus accentué et des mouvements de terrain de diverses amplitudes. La figure 13 nous donne un bel exemple de l'ampleur atteint par le ravinement dans les pentes prononcées du versant Est. On observe également de légers mouvements de terrain (solifluxion), qui se développent tout le long du versant oriental et dans le nord du versant occidental. Ceux-ci sont causés par le mouvement lent d'une masse de sédiments saturés d'eau. Ces mouvements de faible à moyen risque ont surtout été observés sur le haut des versants à la limite du plateau et dans les talus résultant de l'encaissement des ruisseaux. Les dommages provoqués par ces faibles mouvements sont très minimes, mais peuvent devenir très problématique



Figure 13 :Exemple de ravinement affectant le versant oriental de la vallée de la rivière Coaticook.



étant difficiles à contrer (figure 14). Des mouvements de terrain plus importants se produisent par contre au bas du versant Est, dans le secteur où les pentes sont supérieures à 15 %. Ces mouvements de terrain surviennent, subitement, lors de fortes pluies qui créent une sursaturation en eaux des sédiments. Les dommages causés par de tels glissements peuvent être considérables s'ils se produisent dans des milieux habités. La figure 15 montre une cicatrice laissée par un glissement survenu dans le parc de la Gorge, lors des pluies diluviennes qui ont affecté l'ensemble du Québec à l'été 1996.

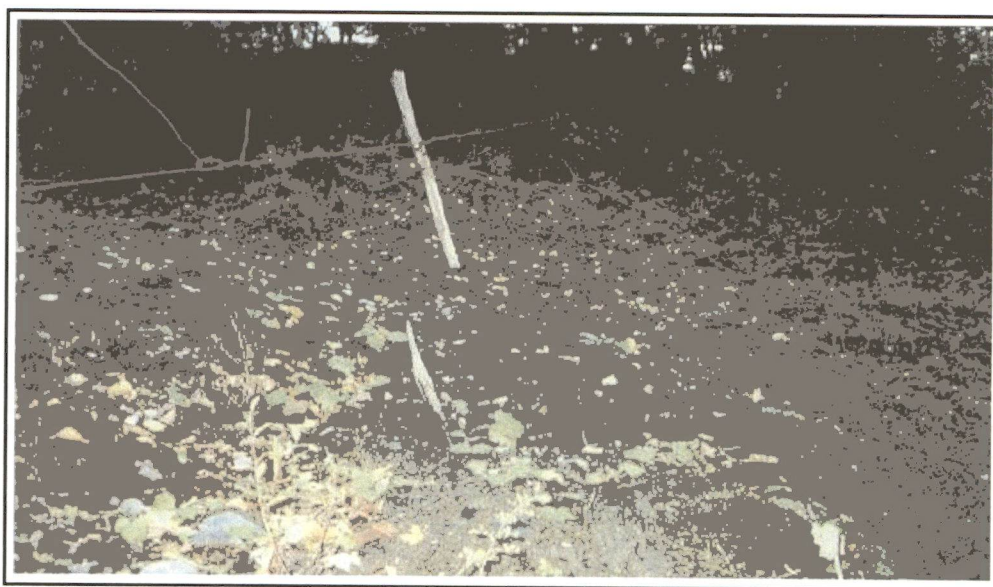


Figure 14 : Solifluxion ayant entraîné le bris d'une clôture.



Figure 15 : Glissement de terrain survenu à l'été 1996, dans le talus situé derrière la piste d'athlétisme (parc de la Gorge).



## 6. Caractérisation du territoire

### 6.1. Propriétés des dépôts

La carte des dépôts meubles nous présente une région recouverte de sédiments d'origine glaciaire, glaciolacustre, fluvioglaciaire, alluviale et organique (figure 18). L'analyse des rapports géotechniques devait nous permettre d'évaluer les propriétés des dépôts composant le sol de la région. Un plus grand nombre de données géotechniques aurait été souhaité, afin d'obtenir une évaluation précise de la propriété des matériaux. Mais malgré la faible quantité de données amassées, il est tout de même possible d'évaluer les propriétés des dépôts. D'autres études plus générales ont été consultées et analysées. Associées aux observations faites sur le terrain, elles ont permis une évaluation des propriétés pour chaque type de dépôt. Les données géotechniques recueillies servent alors à compléter et à appuyer l'interprétation faite sur la propriété des dépôts de la région. Il faudra toutefois considérer le résultat comme préliminaire, puisque l'ajout d'autres données géotechniques devrait ultérieurement permettre une évaluation plus détaillée de la propriété des dépôts. Pour donner un exemple de l'importance d'une bonne connaissance du terrain avant l'exécution de travaux d'aménagement, les figures 16 et 17 nous présentent de légers problèmes survenus dans la zone urbanisée et qui peuvent engendrer des coûts supplémentaires d'entretien.

#### 6.1.1. Sédiments glaciaires

Le till de Lennoxville occupe surtout le haut du plateau, du moins en surface, car on en retrouve également dans la vallée, enfoui sous des dépôts plus récents. L'analyse des études antérieures sur la région montre que la composition granulométrique de ces tills comprend près de 70 % de silt et d'argile entremêlés d'une faible proportion de sable et gravier. Leur compacité est de moyenne à élevée à plusieurs endroits, diminuant ainsi leur perméabilité qui tend

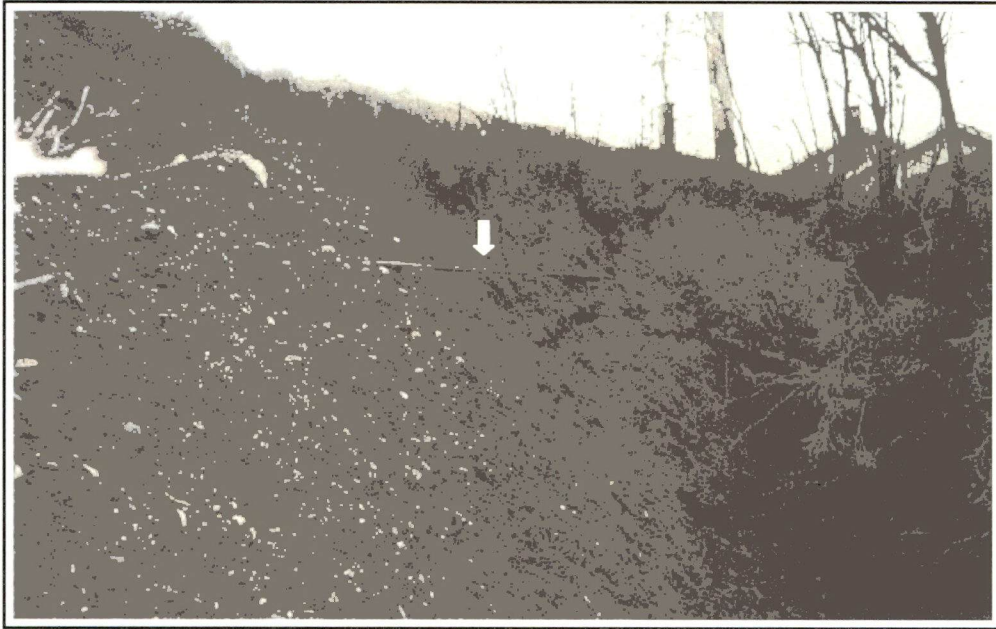


Figure 16 : Pente d'équilibre non respectée dans des dépôts fluvioglaciaires.  
La migration des matériaux vers le bas a dégagé des tuyaux d'aqueduc qui sont maintenant soumis à des risques de gel.



Figure 17 : Décrochement de la parois d'un fossé excavé dans des dépôts de sable et silt glaciolacustres.



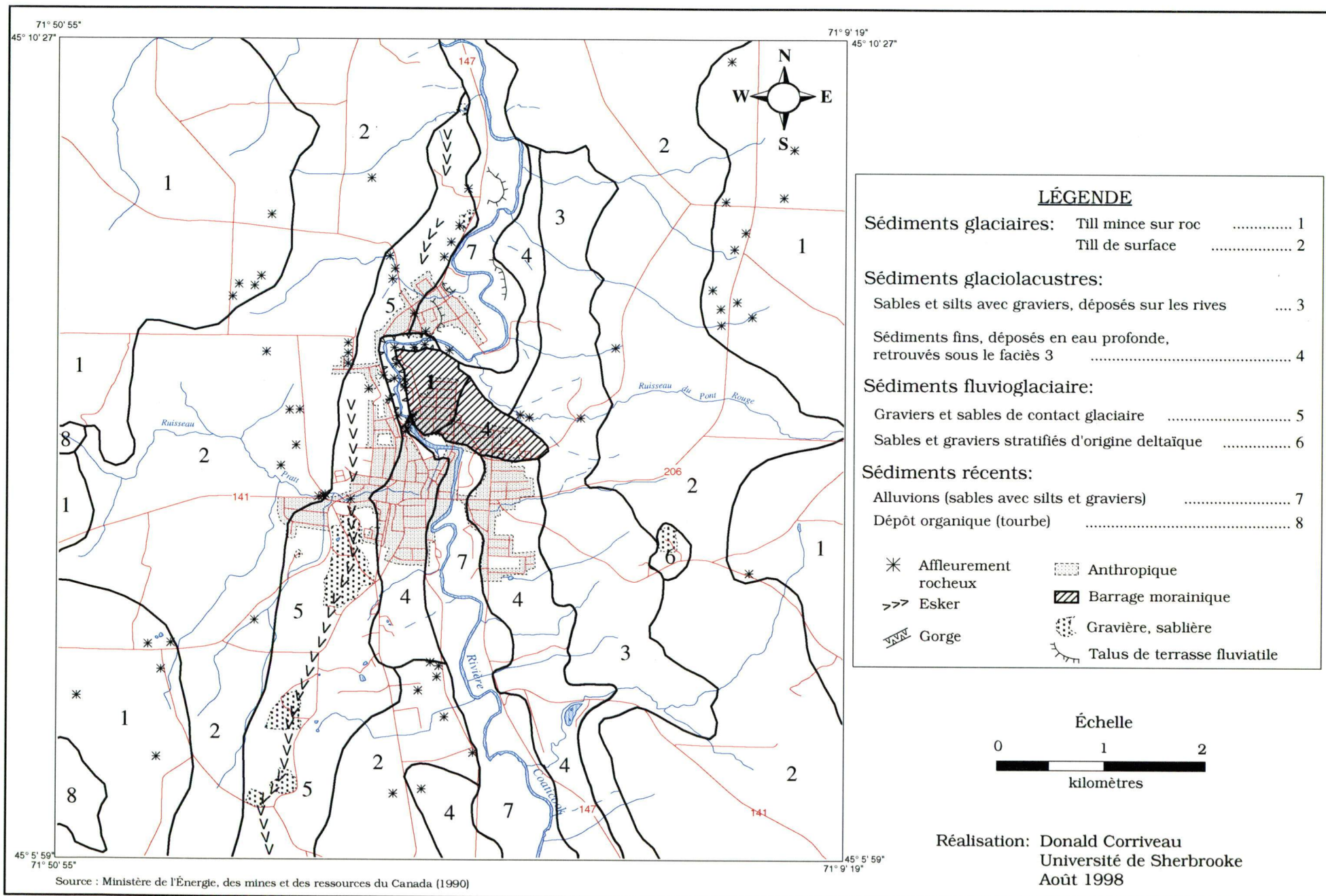


Figure 18 : Carte des dépôts meubles : région de Coaticook



déjà à être faible étant donné la forte proportion de particules fines. Par conséquent, une saturation en eau lors de fortes pluies les rendent susceptibles, en milieu accidenté, à de faibles mouvements de terrain et au ravinement. Les tills de Lennoxville ont également tendance à l'oxydation, ce qui complique les travaux d'excavation étant donné la dureté du dépôt oxydé. Par contre, les tills possèdent une très bonne capacité portante. D'après les rapports géotechniques, la pression admissible des tills de la région de Coaticook varie entre 216 et 287 kPa. Dans les secteurs où le roc affleure en surface, on peut prévoir une augmentation de la capacité portante.

### 6.1.2. Sédiments glaciolacustres

Les sédiments glaciolacustres se concentrent sur les versants et au fond de la vallée. Ceux déposés en bordure du lac proglaciaire, en eau peu profonde, sont composés de sable et gravier avec silt. Leur densité est de lâche à moyenne, ce qui est caractéristique d'un sol peu compact. La perméabilité de ces dépôts augmente avec la concentration de gravier. Ils sont toutefois sensibles à l'érosion hydrique, c'est pourquoi les versants, surtout celui à l'est de la rivière Coaticook, sont lourdement touchés par des problèmes de ravinement. On observe aussi dans ces dépôts de nombreux phénomènes de solifluxion. La capacité portante des sables et silts glaciolacustres est considérée comme étant bonne. Des risques de tassement peuvent cependant être prévus après l'érection de fondations étant donné que ces dépôts sont difficiles à compacter. Les sédiments déposés dans un environnement lacustre peu profond recouvrent, en grande partie, des sédiments mis en place en eau profonde. Au bas du versant Ouest, à la hauteur de la voie ferrée, on retrouve ces derniers enfouis à environ 5 à 6 m de la surface du sol, alors que sur le versant Est on peut en retrouver aux abords des ruisseaux qui ont érodé les dépôts sous-jacents (figure 19). Aucun rapport géotechnique ne nous présente de données sur l'état de ces dépôts argileux. On connaît cependant très bien leur composition. Ces dépôts sont constitués de successions d'argiles et de silts varvés, entremêlés, à l'occasion, d'abondants débris de cailloux. Leur imperméabilité empêche une



Figure 19 : Ruisseau s'écoulant dans les argiles en bordure de la route 141. On tente d'atténuer les effets de l'érosion à l'aide de balle de foin.

infiltration des eaux plus en profondeur et devrait ainsi créer de bonnes sources aquifères dans les dépôts sus-jacents. Généralement, les sédiments glaciolacustres fins peuvent offrir une assez bonne capacité portante, quoique variable. Mais étant donné qu'il est rare d'en retrouver en surface sur le territoire, ces sédiments présentent peu de problème à ce niveau. Ils peuvent, par contre, être la cause de glissements de terrain s'il y a affouillement des talus ou lors de pluies abondantes. Le glissement survenu à l'été 1985 entre la voie ferrée du CN et la rue Union, en est un bon exemple. Dans le secteur de la polyvalente La Frontalière et de l'église Saint-Edmond, l'arrangement des matériaux se présente autrement. Les sédiments fins retrouvés dans ce secteur ont été dérangés sur plusieurs mètres de profondeur laissant croire en l'existence d'un barrage morainique. Ceux-ci sont composés d'un mélange de silts, d'argiles et de sables. Les forages exécutés pour la construction de la polyvalente La Frontalière, traversent près de 45 m de dépôts sans avoir atteint le substratum rocheux. La compacité de ce dépôt constitué de matériaux faiblement perméables augmente généralement en profondeur. Le dérangement des matériaux dans les premiers mètres du sol semble toutefois



d'origine anthropique, soit par remblais ou simplement par charriage. On sait notamment que certains matériaux ont été transportés par la municipalité sur le site actuel du cimetière.

#### 6.1.3. Sédiments fluvioglaciaires

Les sédiments fluvioglaciaires sont plus stables à cause de leur plus grande perméabilité, offrant un niveau de drainage d'excessif à bon. Ceux-ci sont composés de sable et gravier présentés sous forme d'esker et de sable et gravier stratifiés d'origine deltaïque. La densité de ces dépôts est de lâche à compact dépendant de la proportion de sédiments grossiers. La capacité portante de ces dépôts est en générale assez bonne. Il faut cependant demeurer prudent puisque, dans l'esker, près de l'hôpital, les essais ont mesuré la charge admissible du sol à 83 kPa. De plus, un sol non compacté peut provoquer des tassements très importants après l'implantation d'infrastructures.

#### 6.1.4. Sédiments récents

Tout comme pour les sédiments précédents, les alluvions offrent une assez bonne capacité portante quoique variable. Sur le territoire à l'étude, sa valeur varie entre 120 et 144 kPa. Cependant, la présence de matière organique peut diminuer la charge admissible du sol. Les alluvions sont des dépôts lâches composés en partie de silt sableux peu perméable ou de sable silteux. Il arrive par contre assez fréquemment, que le dépôt puisse être constitué d'une forte proportion de gravier augmentant ainsi sa perméabilité. Les forages exécutés dans le secteur de l'école Gendreau et de la rue de la Rivière constituent un bon exemple de gravier sableux qui reposent sous une couche de silt sableux. La présence de silt rend ces dépôts vulnérables au gel.

Aucune donnée géotechnique n'a été recensé concernant les dépôts de tourbière. On sait par contre que la circulation est difficile dans ces dépôts, ce qui en fait des sites très difficiles à drainer. De plus, ils ont une très faible capacité portante et



leur compressibilité est importante. Bref, les dépôts de matières organiques offrent des surfaces très peu propices à l'aménagement, à moins que leur faible épaisseur facilite leur extraction.

## 6.2. Délimitation des zones de contraintes

Les contraintes ont été identifiées en tenant compte des propriétés du terrain concentrées dans des zones définies. Le tableau 15 présente la légende de la carte des zones de contraintes à l'aménagement (figure 20). Cette légende définit toutes les contraintes associées aux caractéristiques du terrain. Les zones ont été définies avant tout en se basant sur la délimitation des formations meubles recouvrant le territoire. L'analyse des propriétés du terrain a ensuite permis de zoner le territoire en regroupant les caractéristiques communes à chaque secteur.

La carte résultante représente donc les zones de contraintes à l'aménagement. Elle permet ainsi de déterminer les affectations les plus favorables selon les caractéristiques physiques du terrain. Les affectations qui ont été proposées pour chaque zone, sont celles qui rencontraient le moins de contraintes et celles dont les contraintes étaient les moins sévères. Bref, le zonage des propriétés physiques du territoire a permis de mettre en lumière et de regrouper les principales contraintes à l'aménagement.

### 6.2.1. Zones 1

L'unité 1 regroupe les formations composées de till et de till sur roc. Elle se localise en grande partie de chaque côté de la vallée, sur le dessus du plateau. Ces secteurs sont généralement les plus favorables à l'aménagement étant donné leur forte capacité portante. Il faut cependant se méfier de la proximité du roc dont le dynamitage peut engendrer des coûts supplémentaires de construction. Celui-ci rend également propice un niveau piézométrique élevé augmentant les problèmes d'aménagement. Les sols à matrice fine de l'unité 1 ont aussi la caractéristique

Tableau 15 : Légende de la carte des zones de contraintes à l'aménagement

ZONES	FORMATIONS (types et caractéristiques)	CONTRAINTES	AFFECTATION FAVORABLE
1A	Sédiments glaciaires à granulométrie variée (tills) composés à près de 70 % de matériaux fins (argile et silt). Perméabilité faible. Substratum rocheux possiblement à moins de 5 m de profondeur. Nombreux affleurements rocheux. Pente de la surface du sol à moins de 8 %.	Possibilité de rencontrer le roc à moins de 1m de profondeur où la densité des affleurements est élevée. Drainage difficile si pente faible. Nappe phréatique élevée à plusieurs endroits, susceptibilité au gel. Approvisionnement en eau et excavation coûteuse si dynamitage requis. Relief bosselé mais plat par endroit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidentielle (mais peut être coûteux).</li> <li>• Industrielle</li> <li>• Commerciale</li> </ul>
1B	Même que 1A sauf que le substratum rocheux est possiblement à plus de 5 m de profondeur.	Substratum rocheux difficilement atteint si nécessaire. Drainage imparfait. Topographie ondulée à faiblement ondulée.	• Toutes
1C	Même que 1B sauf que la pente de la surface varie entre 8 % et 15 %.	Même que 1B sauf risques de ravinement si le sol est dénudé. Relief accidenté.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidentielle</li> <li>• Agricole</li> </ul>
2A	Sables et graviers d'origine deltaïque fluvioglaciaire. Dépôt lâche, perméabilité élevée. Roc possiblement à plus de 5 m de profondeur. Pente de la surface varie entre 4 et 8 % (0 à 4 % pour les sédiments deltaïques).	Capacité portante variable. Possibilité de tassement sous forte charge. Drainage excessif pour l'agriculture. Excellente source de matériel granulaire mais risque d'instabilité si la pente d'équilibre n'est pas respectée lors de l'extraction. Roc difficile à atteindre. Relief ondulé mais parfois plat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidentielle</li> <li>• Récréative</li> <li>• (extraction de granulat).</li> </ul>
2B	Même que 2A sauf que la pente varie entre 8 et 15 % et possibilité de rencontrer le roc à moins de 5 m.	Même que 2A sauf que le substratum rocheux semble plus facile à atteindre si nécessaire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidentielle</li> <li>• (extraction de granulat).</li> </ul>
3A	Sédiments glaciolacustres, remaniés, composés de sables et graviers silteux. Dépôt peu compact de perméabilité généralement modérée. Pente varie entre 8 et 15 %. Profondeur du roc est à plus de 5 m de la surface du sol. Nombreuses cicatrices d'anciens glissements de terrain.	Capacité portante moyenne. Possibilité de tassement sous forte charge. Ravinement prononcé à plusieurs endroits. Possibilité d'affouillement. Faible à moyen risque de glissement, surtout en bordure des ruisseaux. Roc difficile à atteindre si nécessaire. Topographie accidentée.	• Résidentielle
3B	Même que 3A sauf que l'on retrouve sous l'unité de surface, des argiles lacustres imperméables accompagnés à l'occasion de cailloux et la pente est de 4 à 8 %.	Capacité portante peut être diminuée. Nappe phréatique élevée lorsque l'épaisseur de l'unité de surface est faible. Mauvais drainage par endroit. Éviter les excavations verticales dans les argiles et les surcharges en haut de pente. Relief accidenté, plat à l'occasion.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidentielle</li> <li>• Récréative</li> </ul>
4A	Dépôt alluvial (sables et silts avec graviers). Dépôt lâche peu perméable. Nappe phréatique près de la surface du sol. Profondeur du substratum rocheux possiblement à plus de 5 m. Risque d'inondation (réurrence 20 ans). Pente à moins de 4 %.	Capacité portante généralement bonne mais variable. Drainage imparfait à mauvais. Susceptibilité au gel. Possibilité d'affouillement, érosion des berges à certains endroits. Surface rocheuse difficile à atteindre si nécessaire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Récréative</li> <li>• Agricole</li> </ul>
4B	Même que 4A sauf que les risques d'inondations sont moins élevés (réurrence 100 ans) et la nappe phréatique est généralement moins élevée.	Capacité portante plus fiable. Unité moins susceptible au gel. Roc aussi difficile à atteindre. Qualité du drainage modérée.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidentielle</li> <li>• Récréative</li> <li>• Agricole</li> </ul> Nécessite la tenue d'études supplémentaires.
4C	Même que 4B sauf observé sous forme de terrasses fluviales et possibilité que le roc soit à moins de 5 m.	Roc plus facile à atteindre. Drainage assez bon. Succession de replat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidentielle</li> <li>• Récréative</li> <li>• Agricole</li> </ul>
5A	Dépôts à stratigraphie complexe sauf à l'extrême nord du territoire où ils laissent placent aux tills. Pente à plus de 15 %. Peu perméable. Profondeur du roc généralement à plus de 10 m et même 50 m par endroit. Compacité augmente en profondeur. Nombreuses cicatrices d'ancien glissement de terrain.	Forte possibilité de glissements de terrain de dimensions variables. Substratum rocheux très difficile à atteindre. Éviter toute surcharge en haut de pente et excavation verticale ou en bas de talus. Ravinement prononcé à plusieurs endroits. Topographie accidentée.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones à exclure pour tous types d'aménagement.</li> <li>• Aucune construction sans études préalables.</li> </ul>
5B	Même que 5A sauf que la pente est à moins de 4 %.	Même que 5A sauf beaucoup plus stables (excepté en bordure de talus). Drainage modéré. Bonne capacité portante.	Toutes, mais nécessite des études suppl. pour les travaux d'envergures.
6A	Dépôts organiques saturés d'eau. Profondeur du roc possiblement à moins de 5 m.	Capacité portante très faible. Très mauvais drainage. Le roc s'atteint facilement si nécessaire. Excavation avant implantation	Aucun aménagement n'est à conseiller sans études préalables.
6B	Même que 6A sauf que la surface rocheuse est possiblement à plus de 5 m.	Même que 6A sauf que le substratum rocheux est plus difficile à atteindre.	Même que 6A.



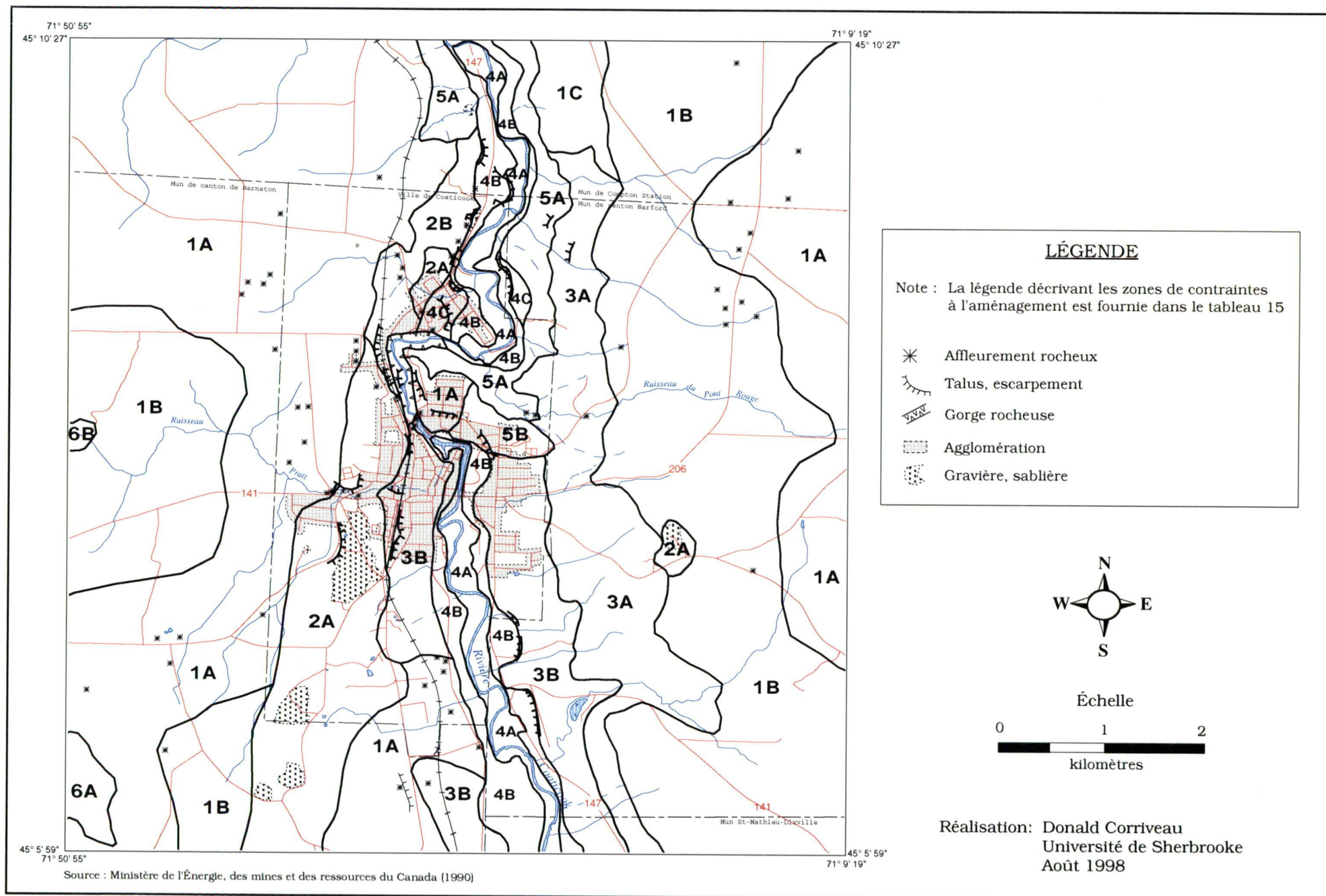


Figure 20 : Carte des zones de contraintes à l'aménagement : région de Coaticook



d'être peu perméables entraînant des difficultés de drainage, en particulier dans les secteurs à pente faible. Les zones à pente plus prononcée sont sujettes à des problèmes de ravinement.

### 6.2.2. Zones 2

L'unité 2 comprend des dépôts excessivement perméables généralement moins favorables aux activités agricoles. La capacité portante de cette formation est très variable. Étant donnée la nature sableuse des sédiments, il y a des risques de tassement sous forte charge même si des travaux de compactage sont réalisés avant l'implantation des infrastructures. Ces dépôts demeurent cependant une source importante de matériaux d'emprunt. De nombreux sites d'extraction de sable et gravier sont, par conséquent, exploités dans l'esker situé sur le versant Ouest ainsi que dans le delta localisé dans le haut du versant Est. Il ne faut toutefois pas négliger la pente d'équilibre de ces matériaux après leur excavation. L'affaissement de parois excavées à la verticale et non adoucies peut entraîner des conséquences fâcheuses pour la sécurité publique.

### 6.2.3. Zones 3

Tout comme l'unité 2, l'unité 3 peut nous causer des problèmes de tassement sous l'action de forte charge. Les secteurs délimités par cette unité sont aussi caractérisés comme étant relativement instables. L'affouillement des talus situés en bordures des ruisseaux occasionne des glissements de terrain de faible envergure. Des talus prononcés peuvent aussi présenter des problèmes de solifluxion et la formation de terrassettes (pieds de vaches). La présence des argiles lacustres, sous les sédiments glaciolacustres plus grossiers (unité 3A), entraîne également des probabilités de glissement. La pente étant inférieure à l'unité 3B, ces risques demeurent tout de même existant mais faibles. Toutefois, l'excavation des dépôts à la verticale ou une surcharge en haut de pente rendent les risques de glissement encore plus considérables que précédemment. De plus, la

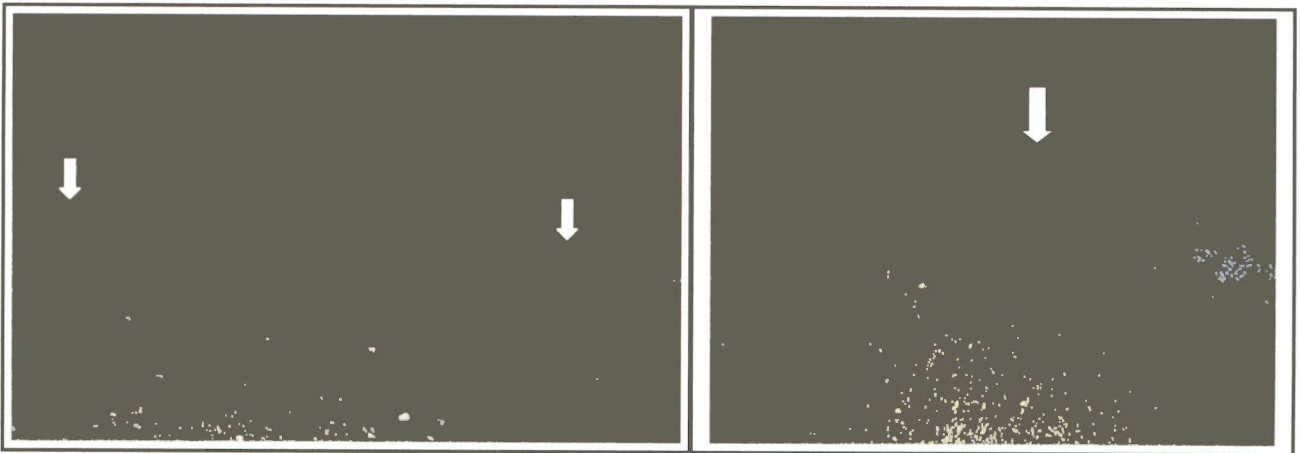


Figure 21 : Phénomène de suffosion observé en bordure de la route 141 au sud-est de la ville de Coaticook.

circulation de l'eau sur le plan imperméable peut provoquer la migration des particules sus-jacentes, ce qui entraîne des problèmes de suffosion comme c'est le cas sur le versant Est de la vallée (figure 21). Les secteurs caractérisés par la présence de dépôts imperméables glaciolacustres présentent souvent un mauvais drainage. Associés à un niveau phréatique élevé, les problèmes de drainage provoquent des complications lors des travaux d'excavation et peuvent rendre difficile l'implantation et l'entretien des infrastructures notamment à cause du gel.

#### 6.2.4. Zones 4

Les dépôts d'alluvions ne peuvent supporter de fortes charges, mais leur capacité portante permet tout de même d'accueillir des développements résidentiels à certains endroits. Tout comme pour les dépôts glaciolacustres, les dépôts d'alluvions sont susceptibles de provoquer de mauvaise situation de drainage et ainsi causer des problèmes de gel. La présence de matière organique peut également diminuer considérablement la capacité portante des dépôts. Il est donc recommandé d'exécuter des études géotechniques dans cette zone et dans les zones 6 avant l'implantation de tout type de construction. Dans la zone 4A, les activités

récréatives et agricoles sont jugées les plus favorables étant donnée la fréquence des inondations en bordure de la rivière Coaticook.

#### 6.2.5. Zones 5

La présence de pentes supérieures à 15 % et la complexité des dépôts excluent les zones 5A de tout type d'aménagement. Le versant Est, au nord du barrage morainique, est composé d'une succession de dépôts glaciaires et glaciolacustres rendant ce secteur très instable. La présence de faciès imperméables séparant ceux plus poreux peut occasionner la saturation en eau lors de fortes pluies et peut entraîner des glissements de grande envergure comme on l'a vu dans le parc de la Gorge. La présence d'argile sur les fortes pentes rend l'ensemble très sensible au « foirage ». Il est donc fortement recommandé d'éviter toute excavation en bas de pentes comme c'est le cas près du site touristique de la Grange Ronde où des excavations exécutées dans les argiles rendent le talus instable et risquent d'engendrer des glissements importants (figure 22). La prédominance de matériaux fins dans ces ensembles, combinée à des pentes accentuées, cause des problèmes de ravinement. Les forages exécutés sur 45 m de profondeur dans



Figure 22 : Excavation exécutée dans les argiles rendant les sédiments très instables.



l'unité 5B (barrage morainique) laisse aussi croire en un ensemble relativement complexe composé d'une succession de silts, d'argiles, de sables fins et de dépôts morainiques. Ce secteur se distingue toutefois par sa faible pente le rendant ainsi beaucoup plus stable que le précédent et permet, sans problèmes, l'implantation domiciliaire. Il ne faut cependant pas négliger la stabilité du dépôt en bordure des talus, plus particulièrement le talus situé à l'est de la polyvalente La Frontalière qui est susceptible au ravinement ainsi qu'au glissement de terrain. L'épaisseur du dépôt étant également très considérable, on ne peut prévoir l'ancrage des infrastructures dans le roc. En fait, en se fiant à la carte sur la tendance de l'épaisseur des dépôts, on s'aperçoit que le substratum rocheux est difficile à atteindre sur une bonne partie du territoire. Malgré les efforts effectués pour atteindre la surface rocheuse, sa profondeur demeure inconnue dévoilant ainsi l'axe de l'ancienne vallée préglaciaire. Cet axe débute au sud-est de la ville de Coaticook s'étendant le long de la route 141, pour passer à l'est de la gorge, sous la polyvalente et traverser sinueusement le nord de la ville, débouchant environ sous l'emplacement actuel de la rivière. Étant donnée la succession des événements qui ont comblé la vallée lors de la période Quaternaire, il est fort possible que le fond de cette vallée fossile renferme une nappe aquifère pouvant être une source d'eau potable intéressante. Malheureusement, l'épaisseur des dépôts rend les coûts d'études et d'exploitations énormément élevés.

#### 6.2.6 Zones 6

Finalement, comme il a déjà été mentionné auparavant, l'unité 6 doit faire l'objet d'études géotechniques plus détaillées avant l'exécution de projet d'aménagement. Ces zones sont composées de plusieurs mètres de dépôts organiques. La zone 6A semble cependant offrir un meilleur potentiel d'aménagement que la zone 6B. Cette dernière comprend plus de 5 m dépôts avant d'atteindre le substratum rocheux. L'extraction des dépôts peut donc s'avérer une tâche très coûteuse à accomplir. Dans le cas où le projet d'aménagement ne demande pas une charge admissible au sol élevée, des travaux de drainage seront possibles mais augmenteront également les coûts de réalisation.

## 7. Conclusion

Au début de l'étude, nous avons déploré le manque de connaissance des municipalités concernant leur territoire. Nous sommes toutefois conscients que cette lacune est souvent attribuable à des ressources financières et humaines insuffisantes. Plusieurs organismes municipaux semblent suivre un plan de développement trop générale et non adapté à leur territoire. Année après année, en certains endroits, on ne peut que constater les désagréments survenus à la suite de mauvais aménagements répétés. Nous tenons donc à rappeler que notre recherche a été réalisée afin de permettre aux intervenants municipaux d'acquérir une meilleure connaissance des aptitudes et des contraintes physiques de leur territoire, dans le but d'optimiser son développement. La méthode élaborée permet aux municipalités d'amasser les informations nécessaires à une meilleure compréhension de son territoire. Bien entendu, l'étude ne peut être réalisée sans un apport minimal de ressources en aménagement du territoire. Cependant, la méthode élaborée dans notre étude s'avère, sans aucun doute, un très bon outil complémentaire au processus de gestion du territoire d'une municipalité. Elle peut même devenir un outil essentiel à la planification du territoire pour les municipalités désireuses d'adopter une vision de développement durable et d'intégration de l'aménagement à l'environnement.

Au niveau régional, les MRC sont tenues de remplir les exigences de la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme, lors de l'élaboration de leur schéma d'aménagement. Dans son contenu obligatoire, le schéma doit, entre autres, inclure les zones de contraintes liées à la sécurité publique. La MRC doit ainsi identifier les zones où l'occupation du territoire est soumise à des contraintes particulières, telles les zones d'inondation, d'érosion et de mouvements de terrain. À cet égard, notre étude devient un outil fort appréciable pouvant aider l'aménagiste dans l'élaboration du schéma d'aménagement. Elle peut également aider l'aménagiste à déterminer des zones d'aménagement ou de réaménagement prioritaires visant à contrer la dégradation de l'environnement.



Sur la carte résultant de notre recherche, nous avons reproduit les zones de contraintes physiques à l'aménagement, lesquelles sont déterminées d'après les caractéristiques du terrain. Cette carte permet aux intervenants municipaux d'obtenir une connaissance globale du territoire. Elle permet également aux organismes d'avoir un meilleur contrôle sur le développement de leur région. Il est clair qu'elle ne peut remplacer les études géotechniques ou toutes autres études spécialisées qui offrent des informations techniques beaucoup plus précises sur le comportement des sols. Cependant, elle peut aider le spécialiste à cibler les sites nécessitant des examens plus détaillés. De plus, les informations fournies dans une étude géoscientifique proviennent de sources de données brutes qui peuvent être consultées très facilement, à tout moment, en parallèle à la carte des contraintes à l'aménagement. Elles deviennent ainsi une source supplémentaire d'informations pour tout projet d'aménagement qui exige des études sur les sols. Cet apport d'informations peut ainsi aider considérablement à diminuer les coûts et le temps d'exécution des travaux.

Notre étude avait pour but de déterminer les contraintes d'aménagement en rapport avec les exigences des différents types d'affectation du territoire rencontrés en milieu urbain et périurbain. Une étude comme celle-ci peut toutefois très bien s'adapter à d'autres projets d'aménagement. En connaissant bien les contraintes qui limitent l'implantation de certains aménagements, il devient alors possible de déterminer l'emplacement d'activités particulières, tels un site d'enfouissement sanitaire, un bassin d'épuration des eaux ou même un site de déversement des neiges usées. À partir des données amassées sur les sols, on peut aussi dériver divers types d'études plus spécifiques, notamment sur la vulnérabilité des sols à la pollution et sur la localisation de sources aquifères. Une fois la banque de données complétée, la récolte des informations nécessaires à l'étude d'un site peut être faite beaucoup plus rapidement. Elle permet d'éviter l'exécution d'études sur les sols dans des secteurs où des études similaires ont déjà été réalisées, pour ainsi mieux concentrer les efforts lors des travaux d'échantillonnage et d'observation. Bref, elle rend possible une meilleure planification des études préliminaires à des



travaux d'aménagement, étant donné l'accessibilité des données provenant des études antécédentes.

L'étude que nous avons réalisée sur la région de Coaticook, a permis de montrer l'importance que l'on doit accorder à l'acquisition des données. La faible quantité de données ainsi qu'une mauvaise répartition de celles-ci sur l'ensemble du territoire, affectent la précision des résultats après leur traitement. Elle peut surtout provoquer d'énormes erreurs d'analyse et d'interprétation si l'on omet de valider nos résultats avec d'autres sources d'information. Il est important de mettre en lumière toutes les anomalies causées par un manque de données avant d'effectuer une interprétation qui pourrait s'avérer inexacte. À long terme, la mise à jour constante de la banque de données devient une solution indispensable. Elle permet d'apporter des corrections au modèle de base afin d'atteindre, au cours des années, une meilleure représentation de la réalité. Le principal problème rencontré lors de la récolte des données, vient de la réticence de certaines entreprises à partager leurs données de terrain. Pour pallier ce problème, il serait intéressant que les mesures de terrain recueillies par les entreprises, soient obligatoirement envoyées aux organismes municipaux qui désirent les incorporer à leur banque de données. Un amendement pourrait sans doute être apporté à cet effet dans la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme.

On note que des efforts supplémentaires doivent être effectués afin d'en arriver à une définition plus détaillée des contraintes pour chaque type d'affectation. Les variables établies pour classifier les contraintes se rapportent aux principales activités retrouvées dans chaque type d'affectation. Une définition plus étendue des contraintes qui tient compte des exigences des diverses activités entourant chaque affectation, pourrait constituer une contribution importante en aménagement du territoire. Par exemple, il serait pertinent, dans le cas d'une affectation résidentielle, d'intégrer les contraintes relatives à l'implantation de tuyaux d'aqueduc et d'égouts, d'installations septiques, d'infrastructures routières et piétonnières, de réseaux de transport d'énergie et de télécommunication et, dans

le cas d'une affectation récréative, d'ajouter les contraintes relatives à l'implantation d'un terrain de golf, d'un terrain de camping et d'une halte routière. Afin d'optimiser l'aménagement d'un territoire, d'autres éléments du milieu pourraient s'ajouter aux facteurs de contraintes utilisés dans l'étude, notamment l'esthétique, c'est-à-dire l'harmonisation du milieu urbanisé avec le paysage, l'économie énergétique (vents dominants, orientation des pentes), le potentiel agricole des sols, la localisation des habitats fauniques, la végétation, l'hydrologie et la géologie. Une distinction entre les sites où des contraintes sont déjà présentes et ceux où l'on a identifié des contraintes potentielles pourrait également offrir une alternative très intéressante.

Finalement, afin d'espérer un zonage définitif de l'affectation du territoire, notre étude doit être corrélée à une analyse socio-économique de la région. La détermination des contraintes naturelles permet de prévoir les problèmes reliés à la sécurité publique et à l'environnement. Elle permet aussi de délimiter les zones les plus propices à accueillir certains types d'aménagement. L'ajout de contraintes socio-économiques permettrait d'inclure d'autres facteurs importants à tenir en ligne de compte, lors de l'affectation d'un territoire, tels les infrastructures déjà en place, les vocations dominantes, l'accessibilité au transport de marchandise, l'esthétique, le lotissement, etc. En fait, les facteurs socio-économiques dictent actuellement les stratégies de développement de la plupart des régions du Québec. Dans une optique de développement durable, il devient important d'intégrer le maximum de paramètres afin d'obtenir une planification optimale du territoire. Il apparaît donc important que les choix proposés en matière d'affectation des sols s'appuient autant sur des paramètres économiques et humains que naturels ; que ces choix s'effectuent sur une base objective permettant leur harmonisation auprès des instances municipales, régionales (MRC) et ministérielles ; que ces choix visent le développement de la région pour le bien être de sa population actuelle et future.

## 8. Références

- Ait Fora, A. (1995) Modélisation spatiale de l'érosion hydrique dans un bassin-versant du rif marocain : Validation de l'approche géomatique par sédimentologie, les traceurs radio-actifs et la susceptibilité magnétique des sédiments. Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 251 p.
- Beer, A.R. (1990) Environmental planning for site development. E.& F.N. Spon, Londres, 314 p.
- Bélanger, J.R. et Harrison, J.E. (1980) Regional geoscience information: Ottawa-Hull. Commission géologique du Canada, Ottawa, Paper 77-11, 18 p. + 8 cartes.
- Brazeau, A. (1989) Inventaire des ressources en granulats de la région de Coaticook. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, Série des manuscrits bruts, vol. MB 89-51, 59 p. + 1 carte.
- Campy, M. et Macaire, J.J. (1989) Géologie des formations superficielles. Masson, Paris, 433 p.
- Cann, D.B. et Lajoie, P. (1943) Études des sols des comtés de Stanstead, Richmond, Sherbrooke et Compton. Ministère Fédéral de l'Agriculture, Canada, 63 p.
- Clément, P. (1982) Cartes géomorphologiques des Cantons de l'Est: région de Dudswell, Scotstown, Sherbrooke, La Patrie, Coaticook et Malvina. Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Bulletin de recherche, no 61, 22 p.
- Clément, P. et Poulin, A. (1973) Étude: Le site du Sherbrooke métropolitain. Relevés Géotechniques Champlain, Sherbrooke, 17 p.
- Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies. (1995) Code national du bâtiment du Canada. Conseil national de recherches du Canada, 11e édition, Ottawa.
- Cooke, H.C. (1957) Région de Coaticook-Malvina. Ministère des Mines, Québec, Rapport géologique, no 69, 42 p.
- De Chiara, J. et Koppelman, L.E. (1984) Time-saver standards for site planning. McGraw-Hill, New-York, 849 p.
- Diane Viau et associés inc. (1988) Ville de Coaticook : Plan d'urbanisme. Ville de Coaticook, Coaticook, pagination multiple.



Dubois, J.M.M. (1973) Caractéristiques naturelles des Cantons de l'Est. Université de Sherbrooke, Centre de recherche en aménagement régional, Sherbrooke, 130 p.

Foucault, A. et Raoult, J-F. (1988) Dictionnaire de géologie. 3e édition, Masson, Paris, 350 p.

Dubois, J.M.M. et Provencher, L. (1989) Le capital nature des Cantons de l'Est : in Dubois, J.M.M. (éd.) Les Cantons de l'Est. Les Éditions de l'Université de Sherbrooke, Sherbrooke, p. 5-18.

Gagnon, H. (1972) La photographie aérienne dans les études de glissement de terrain. Revue de géographie de Montréal, vol. xxvi, no 4, p. 381.

Gagnon, H. (1974) La photo aérienne, son interprétation dans les études de l'environnement et de l'aménagement du territoire. Les Éditions HRW, Montréal, 278 p.

Gingras, P. (1996) On appréhende le printemps. La Presse, Montréal, 7 décembre, p. A1-A2.

Gosselin, A. (1976) Importance des sols en aménagement du territoire et en particulier dans les zones récréatives. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 250 p.

Kugler-Gagnon, M. (1974) Information géoscientifique et aménagement. Thèse de doctorat, Université d'Ottawa, Ottawa, pagination diverse.

Landry, B. et Mercier, M. (1992) Notions de géologie. 3e édition, Modulo, Québec, 565 p.

La Rochelle, P. et Roy, M. (1978) Introduction à la mécanique des sols (notes de cours). Département de génie civil, Faculté des sciences et génie, Université Laval, Québec, 217 p.

Larocque, A., Larocque, G. et Morrisette, A. (1984) Géomorphologie et géologie quaternaire de la vallée de la rivière Coaticook. Le Quaternaire du Québec méridional: aspect stratigraphiques et géomorphologiques. Association québécoise pour l'étude du Quaternaire : 5e congrès, vol. 4, 47 p.

Larocque, G., Larocque, A., Morrisette, A., Bail, P. et Dubois, J.M. (1985) Barrage morainique et surimposition: exemple dans la vallée de la rivière Coaticook, sud du Québec (Canada). Photo-interprétation, no 85-3, p. 1-9.

Les Laboratoires Shermont (Sherbrooke) Inc (1972) Études des sols – Complexe polyvalente, Coaticook. Rapport géotechnique, Dossier S-72-52, 4 p.

Les Laboratoires Shermont (Sherbrooke) Inc (1996) Classification et terminologie descriptive caractéristiques de densité et de consistance (Rapports géotechniques). Sherbrooke, p.14-17 (annexe).

Maranda, R. (1977) Établissement des cartes géotechniques au Ministère des Richesses naturelles. Ministère des Richesses naturelles du Québec, Québec, Dpv-488, 19 p.

McCall, G.J.H., De Mulder, E.F.J. et Marker, B.R. (1996) Urban geoscience. A.A. Balkeman, Rotterdam, 273 p.

McDonald, B.C. (1967) Pleistocene events and chronology in the appalachian region of southeastern Quebec, Canada. Yale University, 161 p.

McDonald, B.C. (1969) Surficial geology of La Patrie-Sherbrooke area, Quebec, including Eaton river watershed. Geological survey of Canada, Paper 67-52.

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada (1990) Coaticook, 21E4; carte topographique numérique. Échelle 1 : 50 000, Ottawa.

Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (1994) Coaticook, 21E4-200-0201; échelle 1 : 20 000. Carte topographique du Québec. Québec.

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (1997) Banque de donnée informatisé sur les puits et forages, Québec, document numérique.

Ministère de l'Environnement du Québec (1982) Guide pour la délimitation des zones dangereuses. Québec, 40 p.

Ministère de l'Environnement du Québec (1984) Annuaire des puits et forages. Québec, 2 vol., 702 p.

Ministère des Ressources naturelles du Québec (1974) Annuaire de puits et forages. Québec, 3 vol., 1777 p.

Ministère des Ressources naturelles du Québec (1981) Annuaire des puits et forages. Québec, 2 vol., 702 p.

Ministère des Ressources naturelles du Québec (1993) Photographies aériennes au 1 : 15 000. Québec.

Monition, L. (1980) Le géologue et la protection de l'environnement. Colloque: Connaître le sous-sol un atout pour l'aménagement urbain. Bureau de recherches géologiques et minières, Lyon, section 3, no 2, 140 p.

Morin, F.J. (1973) Estimations de quelques propriétés physiques des sols. Commission géologique du Canada, Open file 273, 66 p.



Morin, F.J. (1978) Utilité d'une banque de données géoscientifiques dans l'aménagement. Thèse de doctorat, Université d'Ottawa, Ottawa, 470 p.

Morissette, A. et Dubois, J.M.M. (1991) Évolution des lacs proglaciaires et déglaciations des bassins des rivières Coaticook et Moe, sud du Québec. Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Bulletin de recherche no 104-105, 79 p.

Packer, R.W. (1964) Stability slopes in area of glacial deposition. *The Canadian Geographer*, vol. 8, no 3, p.147-151.

Pagé, P. (1992) L'environnement glaciaire : l'histoire et la stratigraphie des glaciations continentales dans l'hémisphère nord au cours du quaternaire. Guérin, Montréal, 368 p.

Panet, M. (1980) Les données du sous-sol et leur prise en compte dans les documents d'urbanisme. Colloque: Connaître le sous-sol, un atout pour l'aménagement urbain. Bureau de recherches géologiques et minières, Lyon, section 3, no 2, 158 p.

Parent, G. et Pineau, M. (1985) Intégration de quelques critères géomorphologiques et géotechniques dans le processus de planification écologique des milieux urbain et périurbain. *Les cahiers du CRAD*, vol. 9, no 3, 151 p.

Provencher, L. et Thibault, J. (1976) Critères biophysiques pour le choix de sites récréatifs à la campagne : Équipements et infrastructures. Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Bulletin de recherche, vol. 3, p. 111-178.

Provencher, L. et Thibault, J. (1979) Géomorphologie appliquée à la localisation de sites propices à la récréation en milieu naturel: Haut-bassin de la rivière au Saumon, comté de Sherbrooke et Shefford, Qc. Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 380 p.

Robitaille, A et Allard, M. (1996) Guide pratique d'identification des dépôts de surface au Québec. Les Publications du Québec, Sainte-Foy, 109 p.

Shilts, W.W. (1981) Surficial geology of the Lac Megantic area, Quebec. Commission géologique du Canada, Memoire 397, 3 cartes.

Scott, J.S. et St-Onge, D.A. (1971) Étude géoscientifique et aménagement régional. *Géoscope*, vol. 2, no 1, 11 p.

Slivitzky, A. et St-Julien, P. (1987) Compilation géologique de la région de l'Estrie-Beauce. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Québec, mémoire 85-04, 40 p. et 1 carte.



- St-Julien, P. et Lamarche, R.Y. (1965) Geology of Sherbrooke area preliminary report. Departement of natural ressources, Québec, RP. 530.
- Stow, D.A.V. et McCall, G.J.H. (1996) Geoscience education and training. A.A. Balkema, Rotterdam, 855 p.
- Tessier, G.R. (1990) Guide de construction et d'entretien des chaussées. Association québécoise du transport et des routes, Montréal, 394 p.
- Théberge, J. (1986) Cartographie géotechnique dans la région de Gatineau-Aylmer-Hull. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Québec, série des manuscrits bruts, MB 86-43, 199 p.
- Thornes, J. (1965) Some observations on de late-glacial stages in the Coaticook valley, southern Québec. Cahiers de géographie du Québec, vol. 9, no 18, p. 223.
- Tremblay, G. (1975) Géologie du Quaternaire dans les régions de Drummondville, Dudswell, Scotstown, Coaticook. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Québec, Dpv 434, 28 p.
- Walmsley, M.E. (1976) Terrain analysis for urban suitability: a comparaison of alternate townsite locations using earth science information. Classification écologique (biophysique) du territoire dans les régions urbaines ; Série de la classification écologique. E.B. Wiken & G.R. Ironside, Toronto, 111 p.

## Annexe 1

Coupes stratigraphiques décrites par McDonald (1967)  
dans la région de Coaticook

Coupe M-64-129 située sur la rive nord du ruisseau du Pont Rouge,  
à environ 400 m de la rivière Coaticook.

Profondeur (mètre)	Sédiments		Épaisseur (mètre)
0	SEDIMENTS POST- LENNOXVILLE	Sable chamois, à granulométrie moyenne, sans cailloux, non-calcaire ; sédiments probablement d'origine glaciolacustre.	3
3	TILL DE LENNOXVILLE	Till brun moyen à foncé, oxydé et fortement lessivé, avec plusieurs reliquats calcaires, compact.	6
9	FORMATION DE GAYHURST (séquence II-III)	Sable chamois à brun, avec cailloux, généralement stratifié mais stratification localement déformé, fortement lessivé ; sédiments d'origine glaciolacustre.	7
16	TILL DE LA CHAUDIERE (till II)	Till gris, calcaireux sous le premier mètre supérieur du dépôt, compact ; nombreux cubes de pyrite.	4
20	FORMATION DE MASSAWIPPI (séquence I-II)	Sable blanc à chamois, grossier, bien stratifié ; sédiments d'origine glaciolacustre.	1
21	FORMATION DE MASSAWIPPI (séquence I-II)	Silt et argile gris, calcaireux, compact, stratifié, déformé en place ; sédiments d'origine glaciolacustre.	3
24	FORMATION DE MASSAWIPPI (séquence I-II)	Sable chamois avec cailloux, laissant place graduellement vers le bas à des graviers juxtaglaciaires, lessivé dans la partie supérieure sur huit mètres mais fortement calcaireux par la suite, stratifié dans le haut et fortement déformé près de la base ; suggérant ainsi une origine juxtaglaciaire dans la partie inférieure et glaciolacustre vers le haut du dépôt.	> 19
> 43	Sédiments effondrés jusqu'en bordure du ruisseau		14
57			

Tiré de McDonald (1967)



Coupe M-64-481 située sur la rive sud du ruisseau du Pont Rouge,  
face à la coupe M-64-129

Profondeur (mètre)	Sédiments		Épaisseur (mètre)
0	FORMATION DE MASSAWIPPI (séquence I-II)	Silt et argile gris, calcaireux, situés exactement à la même altitude et de même épaisseur que la couche de silt et d'argile (21 à 24 m) rencontrée dans la coupe M-64-129.	3
3	FORMATION DE MASSAWIPPI (séquence I-II)	Sable chamois avec cailloux, laissant place graduellement vers le bas à des graviers juxtaglaciaires, bien stratifié sur presque toute son épaisseur mais fortement déformé en place.	> 33
> 36	Ruisseau situé à 36 m du dessus de la coupe		

Tiré de McDonald (1967)

## Annexe 2

### Grille d'interprétation des dépôts meubles

## Grille d'interprétation des dépôts meubles

PROPRIÉTÉ	MORAINE DE FOND	TILL MINCE SUR ROC	ESKER
Composition et disposition granulaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulométrie très variable: blocs, graviers, sables, silts et argiles ;</li> <li>- % d'argile plus ou moins élevé ;</li> <li>- texture très variable selon l'origine ;</li> <li>- souvent, dépressions organiques ;</li> <li>- dépôt non stratifié et non trié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulométrie très étalée ;</li> <li>- texture dépend du substratum local ;</li> <li>- nombreux affleurements rocheux ;</li> <li>- dépôt non stratifié et non trié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sable et gravier bien calibrés et souvent recouvert d'une couche de till ;</li> <li>- quelquefois, granulométrie s'étendant jusqu'au silt (diamètre diminue vers l'aval) ;</li> <li>- dépôt faiblement à modérément stratifié.</li> </ul>
Capacité portante	- Elevé, mais variable.	- Elevé.	- Bonne.
Susceptibilité au gel	- Sur le seuil de la gélivité (varie selon le % de particules fines).	- En bordure, mais variable.	- Faible susceptibilité (sauf si silteux).
Risque d'érosion et de mouvements de masse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le relief étant plat à ondulé, l'érosion est alors faible ;</li> <li>- dépôt stable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très sensible à l'érosion ;</li> <li>- glissement probable, si forte pente et seepage entre le dépôt et le roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu de ruissellement ; cuvette de déflation par le vent (caoudeyre)</li> <li>- dépôt stable (un peu de reptation) (danger si vibration).</li> </ul>
Drainage interne et externe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible perméabilité ;</li> <li>- Drainage désordonné et nombreuses dépressions mal drainées ; bon dans l'ensemble, si relief favorable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible perméabilité ;</li> <li>- drainage mauvais par endroits, contrôlé par le roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drainage interne rapide ;</li> <li>- excellent drainage.</li> </ul>
Possibilité d'eau souterraine exploitable	- Mauvais aquifère (faible possibilité de lentilles de matière granulaire).	- Très mauvais aquifère (sauf si fractures du roc).	- faible possibilité d'eau (sauf si esker enfoui dans dépôt imperméable ou si variation brusque de texture).
Travaux de compaction et d'excavation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compaction aisée (granulo. variée et % d'humidité optimal) ;</li> <li>- excavation: coûts augmentent de 35 à 40 %, si nappe phréatique rencontrée (difficile si hardpan) ;</li> <li>- présence de blocs entraîne des coûts de 1,2 à 2,2 fois + élevés ;</li> <li>- 4,5 fois + cher si dynamitage requis (blocs de plus de 1 m<sup>3</sup>) ;</li> <li>- murs de l'excavation habituellement stables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compaction aisée ;</li> <li>- dynamitage requis ; près de 5 fois plus cher qu'un dépôt épais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compaction assez bonne ;</li> <li>- excavation: travaux moins coûteux que sol « normal » (excaver à partir du haut).</li> </ul>
Matériel	- Bon matériel de remplissage (si <15 % d'argile et <40 % silt).	- Bon matériel de remplissage, mais trop mince.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellente source d'agrégat et de gravier ;</li> <li>- excellent matériel de remplissage.</li> </ul>
Installation septique	- Moyen à mauvais (percolation faible ; nappe phréatique peut être élevée)	- Non propice (trop mince)	- Approprié quoique taux de percolation est souvent trop rapide.
Enfouissement sanitaire	- Propice à mauvais (selon la profondeur de la nappe et si épaisseur de plus de 1 à 3,5 m).	- Mauvais (trop mince)	- Inadéquat (trop perméable).
Construction routière	- Problèmes avec le système de drainage désordonné.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dynamitage du roc requis</li> <li>- Problèmes d'organisation du drainage</li> </ul>	- Approprié (excellent axe routier).
Construction domiciliaire	- Alignement: problèmes. avec les dépressions. humides.	- Dynamitage souvent requis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Travaux de remblais-déblais ;</li> <li>- Risque de tassement probable.</li> </ul>

Tiré de Parent et Pineau (1985)



### Grille d'interprétation des dépôts meubles

PROPRIÉTÉ	PLAINE ET VALLÉE D'ÉPANDAGE (dont les terrasses fluvioglaciaires)	ARGILES GLACIO-MARINE ET GLACIO-LACUSTRE	RIVAGE
Composition et disposition granulaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravier, sable et silt (plus grossier vers l'amont) (extrêmement variable) ;</li> <li>- l'argile est habituellement absente car déposée plus loin (sauf dans les anciens chenaux) ;</li> <li>- dépôt trié et stratifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dominance d'argile et de silt (glacio-marine: argile silteuse compacte) ;</li> <li>- glacio-lacustre: argile rythmique (varvée), stratification d'argile et de silt ;</li> <li>- glacio-marine: mal stratifiée et mal triée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépôt de sable, gravier et galets (parfois : blocs glaciels et silt) ;</li> <li>- dépôt trié et stratifié.</li> </ul>
Capacité portante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moyenne par endroit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible si humide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habituellement bonne (risque de tassement ou de coulée si vibration).</li> </ul>
Susceptibilité au gel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variable (plus susceptible en aval).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très susceptible lorsque silt présent (sinon moyen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non susceptible (mais en présence de lits de silt : susceptible).</li> </ul>
Risque d'érosion et de mouvements de masse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible érosion (relief plat) sauf ravinement sur les terrasses ;</li> <li>- dépôt stable (sauf si affouillement).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ravinement ;</li> <li>- glissement si talus affouillé ;</li> <li>- glacio-marine: coulées boueuses, instable si vibration.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Érosion par ravinement ;</li> <li>- dépôt relativement stable (danger probable si vibration).</li> </ul>
Drainage interne et externe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drainage interne très rapide ;</li> <li>- drainage artificiel requis si nappe élevée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drainage mauvais (très imperméable) (nombreuses dépressions organiques) ; glacio-lacustre: un peu plus perméable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drainage interne rapide.</li> </ul>
Possibilité d'eau souterraine exploitable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellente source d'eau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible à nulle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilité d'eau bonne à mauvaise (dépend de la profondeur du sable sous-jacent).</li> </ul>
Travaux de compaction et d'excavation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépôt de sable difficile à compacter si coefficient d'uniformité &lt; 4 ;</li> <li>- excavation aisée à moins de rencontrer la nappe phréatique (drainage par gravité ou excavation emmurée).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficile à compacter ;</li> <li>- excavation: 1,5 à 2,5 fois plus coûteux (plastique, humide) (possibilité de poches de méthane, si matière organique enfouie décomposée : danger d'explosion).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se compacte mal ;</li> <li>- facilement excavé, les bordures reprennent rapidement leur angle de repos normal.</li> </ul>
Matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellent matériel de remplissage ;</li> <li>- excellente source de sable et gravier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moyen pour remplissage et pour surface de roulement si mélangé à particules grossières.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excel. à bonne source de sable et de matériel de remplissage ;</li> <li>- excellente à nul pour le gravier.</li> </ul>
Installation septique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Approprié (si nappe profonde) ; danger de contamination si perméabilité trop forte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inapproprié</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moyen (mais taux de percolation habituellement trop rapide)</li> </ul>
Enfouissement sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inapproprié (contamination trop risquée) (possible sur les terrasses)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bon si nappe profonde (bonne couche de recouvrement, mais se travaille mal).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inapproprié (trop perméable)</li> </ul>
Construction routière	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellente ; quelques problèmes de dénivellation avec les kettles dans la plaine d'épandage ;</li> <li>- soulèvement par le gel si lentille de silt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drainage requis, sol gélif, tassement différentiel, risque de cisaillement ;</li> <li>- doit être recouvert de matériaux grossiers.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de problèmes (sauf remblais-déblais, si route perpendiculaire aux rides).</li> </ul>
Construction domiciliaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nappe phréatique trop élevée par endroit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alignement facile, mais résistance au cisaillement variable, possibilité de contraction-gonflement, nappe souvent élevée, très dangereux si argile sensible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risque de tassement ou de coulée (si humide) lorsque soumis à de fortes vibrations.</li> </ul>

Tiré de Parent et Pineau, 1985.

## Grille d'interprétation des dépôts meubles

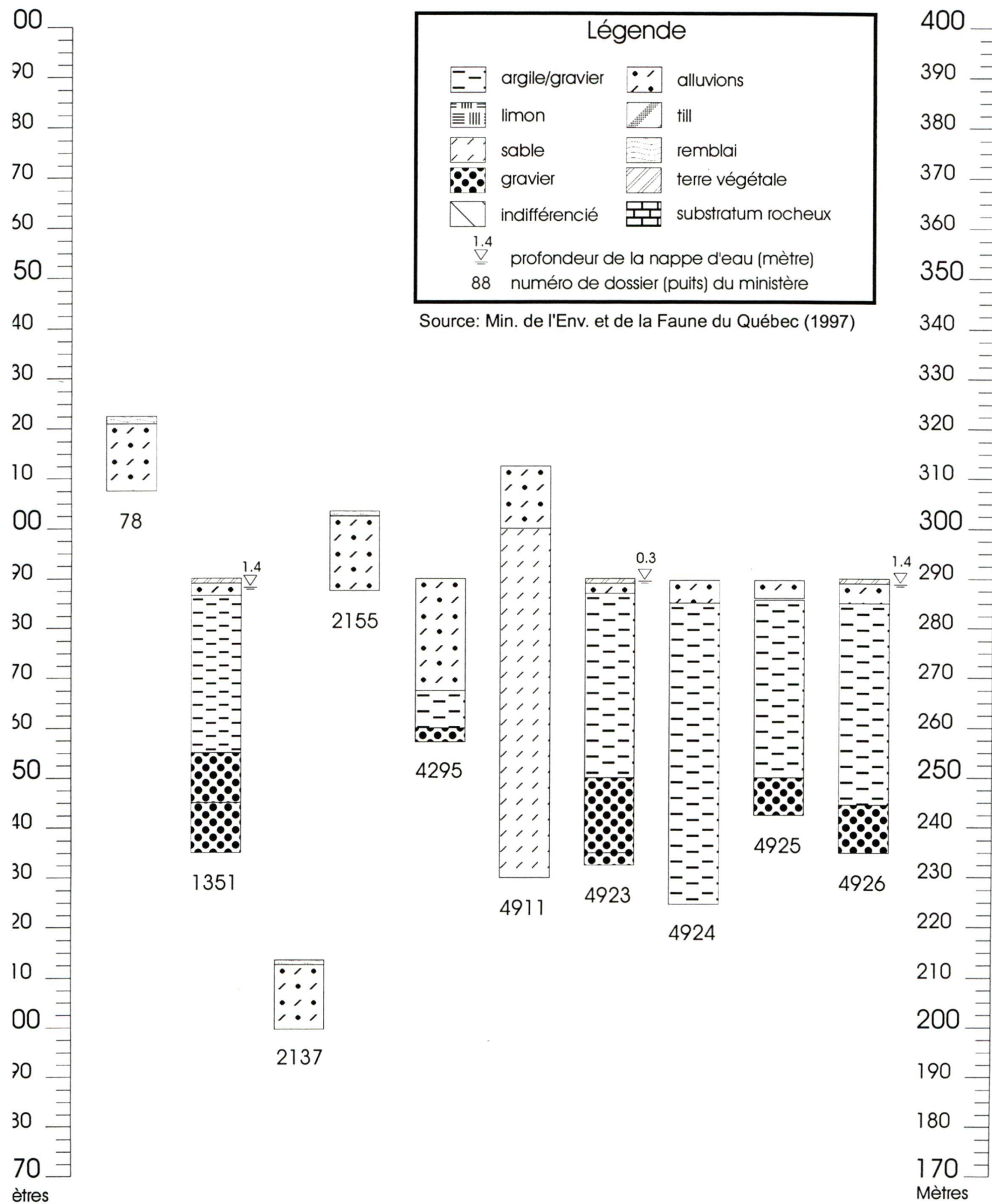
PROPRIÉTÉ	DELTA PROGLACIAIRE ET SUB-ACTUEL	PLAINE ALLUVIALE	TERRAIN ORGANIQUE
Composition et disposition granulaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sable fin à moyen avec gravier, parfois ; sub-actuel ; plus silteux avec argile, quelquefois ;</li> <li>- variation rapide de texture ;</li> <li>- dépôt trié, lité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulométrie très variable: sable, silt et argile (plaine à chenaux divaguants: matériel plus grossier que plaine à méandre) ;</li> <li>- dépôt lité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débris organiques décomposés (milieu anaérobique).</li> </ul>
Capacité portante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne</li> <li>- variable pour delta sub-actuel car nappe élevée).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très variable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très faible.</li> </ul>
Susceptibilité au gel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moyenne (plus élevée pour delta sub-actuel).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gélif, quoique très variable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non susceptible (le gel pénètre moins en profondeur: 0,6 m environ).</li> </ul>
Risque d'érosion et de mouvements de masse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Érosion éolienne ;</li> <li>- ravinement si sable fin (surélevé) ;</li> <li>- dépôt stable (risque de glissement plan sur le lit de silt).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu d'érosion car relief plat (sapement des berges si cours d'eau actif) ;</li> <li>- stable (relief plat) (glissements si affouillement).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Érosion éolienne si dépôt asséché ;</li> <li>- terre noire: environ 2 cm l'oxyde par année (perte) ;</li> <li>- stable car relief plat (très faible résistance au cisaillement).</li> </ul>
Drainage interne et externe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perméabilité élevée ;</li> <li>- bon drainage à moins de nappe élevée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drainage moyen à mauvais (texture plutôt fine, topographie plane).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perméabilité très rapide, mais le drainage d'ensemble est mauvais à très mauvais.</li> </ul>
Possibilité d'eau souterraine exploitable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellente source d'eau (moins bon si proglaciaire, à moins de variation brusque).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très bonne possibilité d'eau (à moins de texture très fine).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très bonne source d'eau, mais qualité diminuée par acidité, fer, soufre et débris organiques.</li> </ul>
Travaux de compaction et d'excavation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficile à compacter se le granuloclassement est <math>&lt; 4</math> ;</li> <li>- excavation: les bordures reprennent rapidement leur angle de repos ;</li> <li>- coûts augmentent de 1,3 à 1,6 si nappe rencontrée, 3 à 4 fois si zones organiques (sub-actuel).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compaction bonne à faible ;</li> <li>- excavation aisée, sauf si nappe élevée (coûts augmentent alors de 1,3 à 2,5).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très compressible (faible densité, indice de vide élevé) ;</li> <li>- excavation 3 à 4 fois plus chère car nappe élevée (si dépôt mince : excavation en hiver, alors que le sol est gelé) (déplacement du matériel par surcharge progressive ou par dynamitage).</li> </ul>
Matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellente à bonne source de sable ;</li> <li>- excellente source d'agrégat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellente surface de roulement ;</li> <li>- excellente source de sable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nul</li> </ul>
Installation septique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Approprié à mauvais (si nappe élevée)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais (nappe trop élevée).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inapproprié (nappe élevée).</li> </ul>
Enfouissement sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Approprié à mauvais (perméabilité élevée, nappe élevée, danger d'inondation pour delta sub-actuel).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais (nappe trop élevée ; inondation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inapproprié (nappe élevée, capacité portante très faible pour la machinerie).</li> </ul>
Construction routière	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellent mais moyen si matière organique et silt (gélif si lentilles de silt).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplissage requis (pour soulever la route si texture fine) ;</li> <li>- soulèvement par gel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inapproprié (déplacement et remplissage ou consolidation par surcharge si route construite).</li> </ul>
Construction domiciliaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alignement aisé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alignement difficile si zones organiques ;</li> <li>- risque d'inondation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inapproprié très faible résistance au cisaillement, très compressible, tassement ininterrompu, danger de feu).</li> </ul>

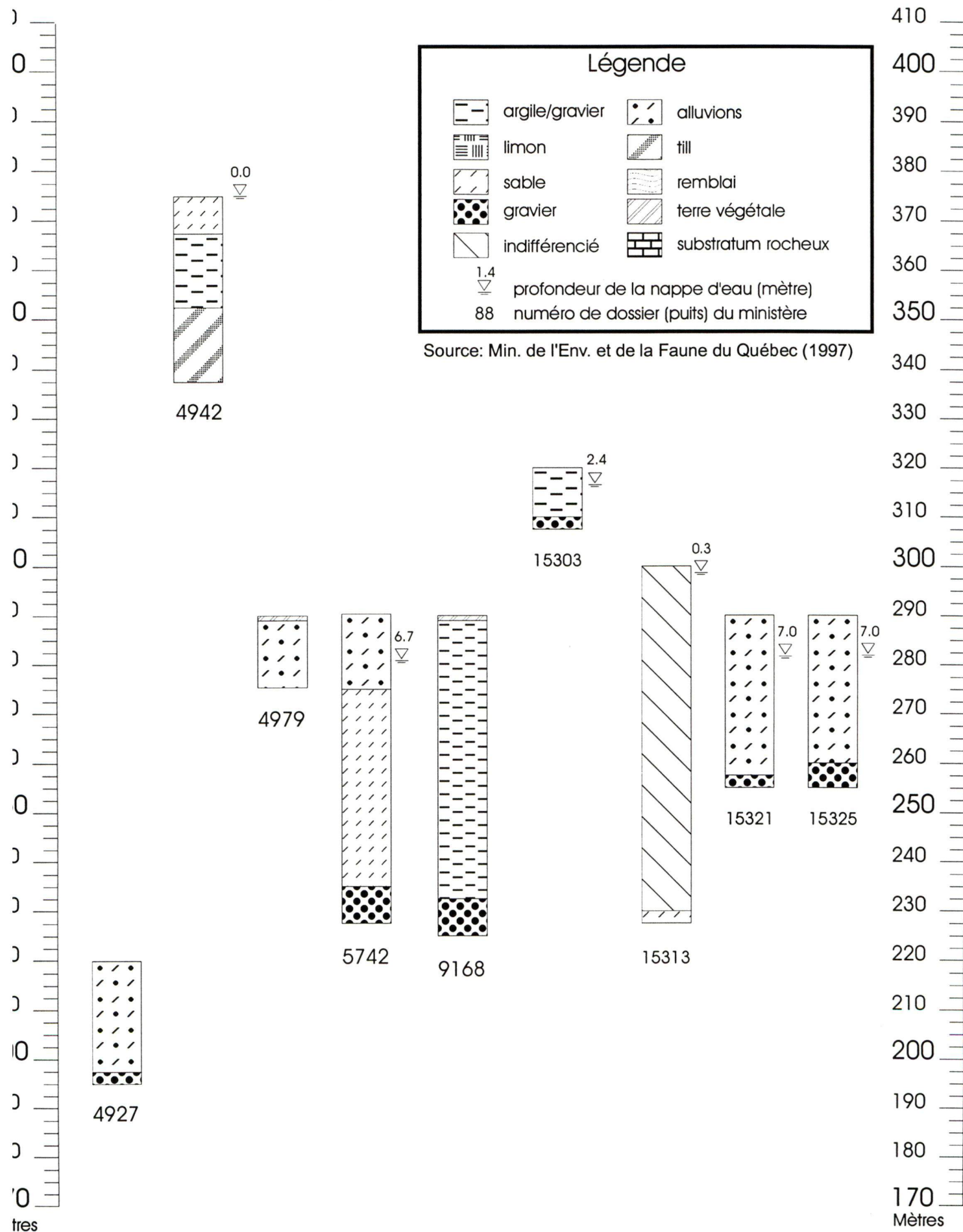
Tiré de Parent et Pineau (1985)

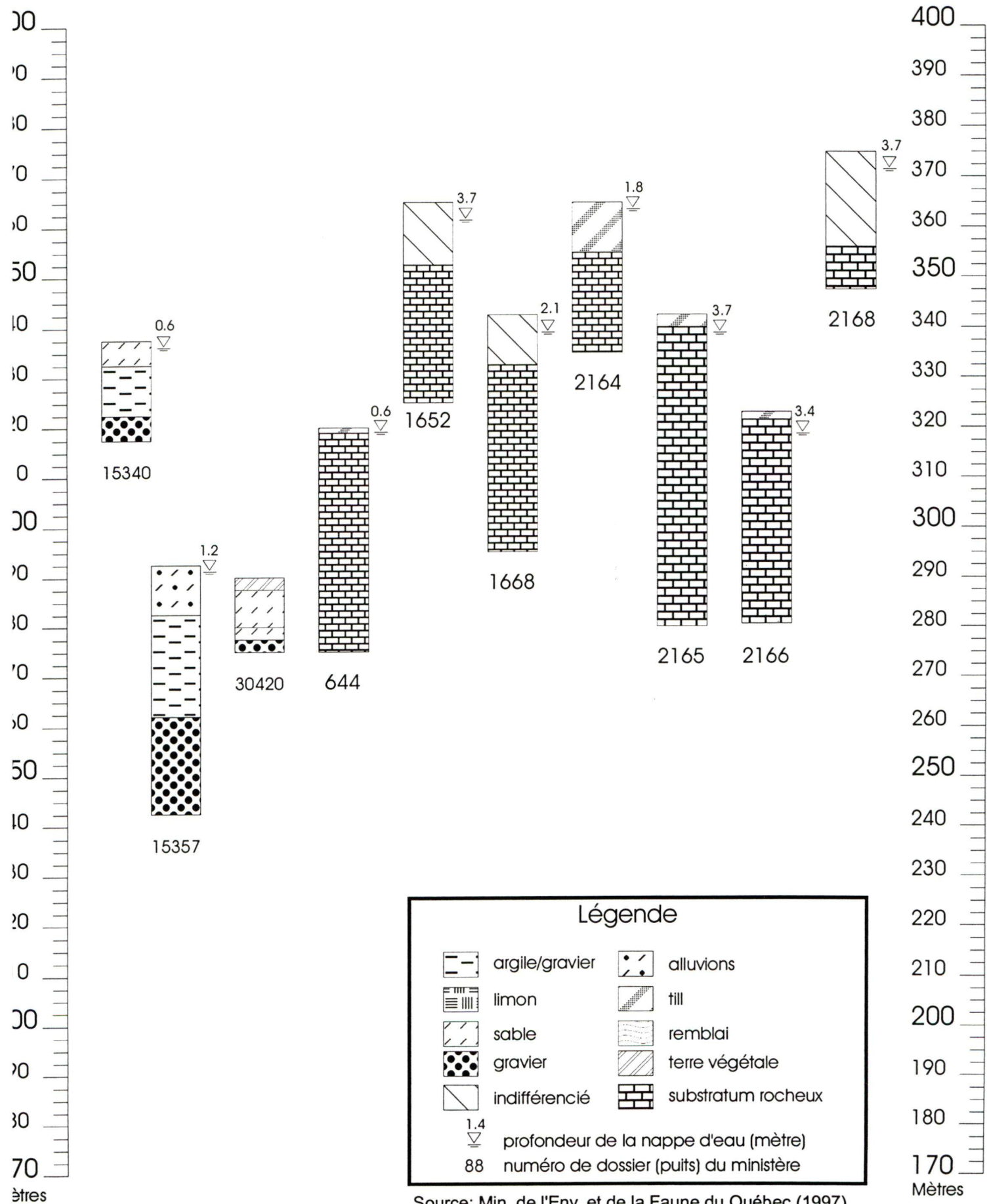
### Annexe 3

Colonnes stratigraphiques des puits et forages  
de la région de Coaticook



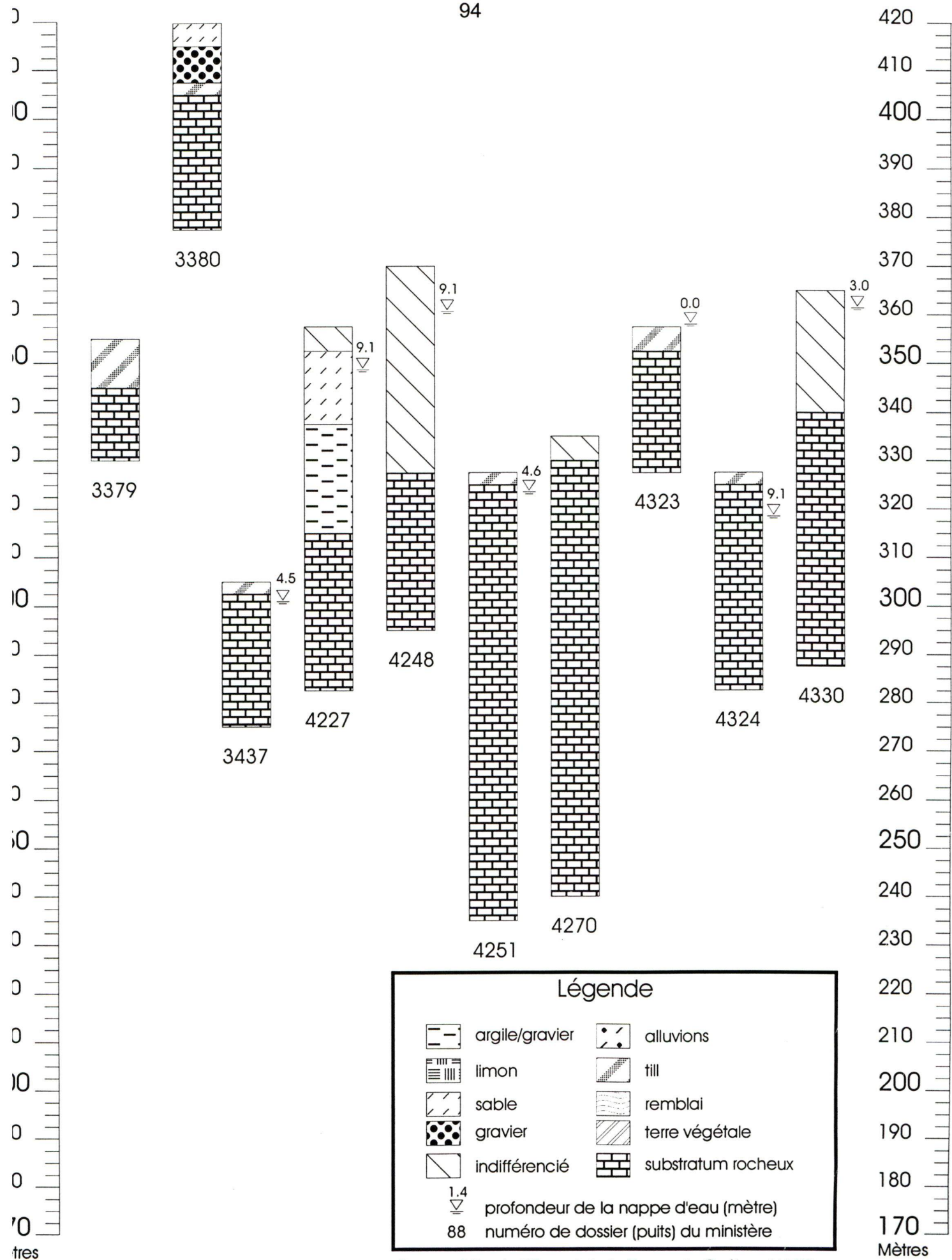


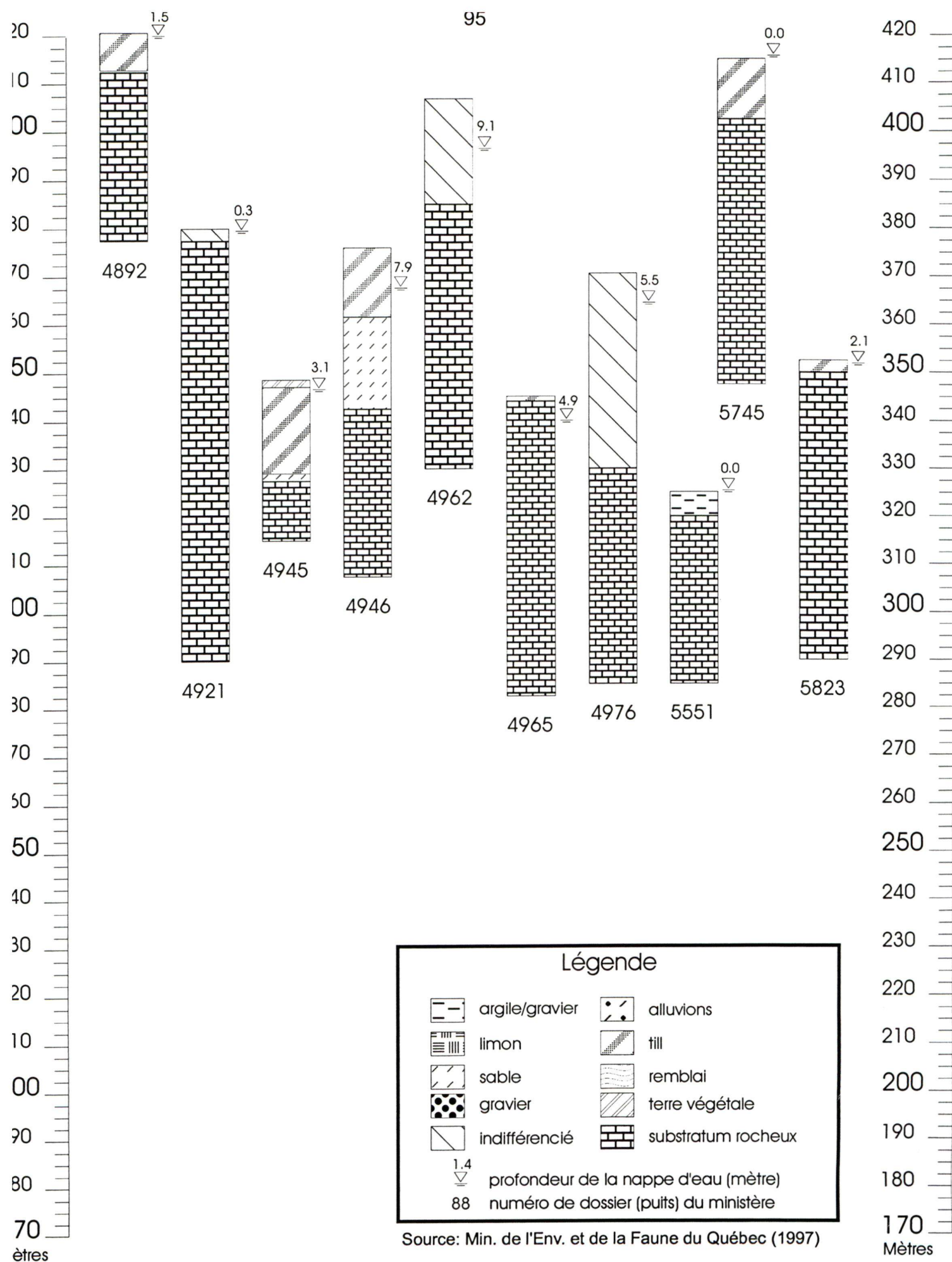


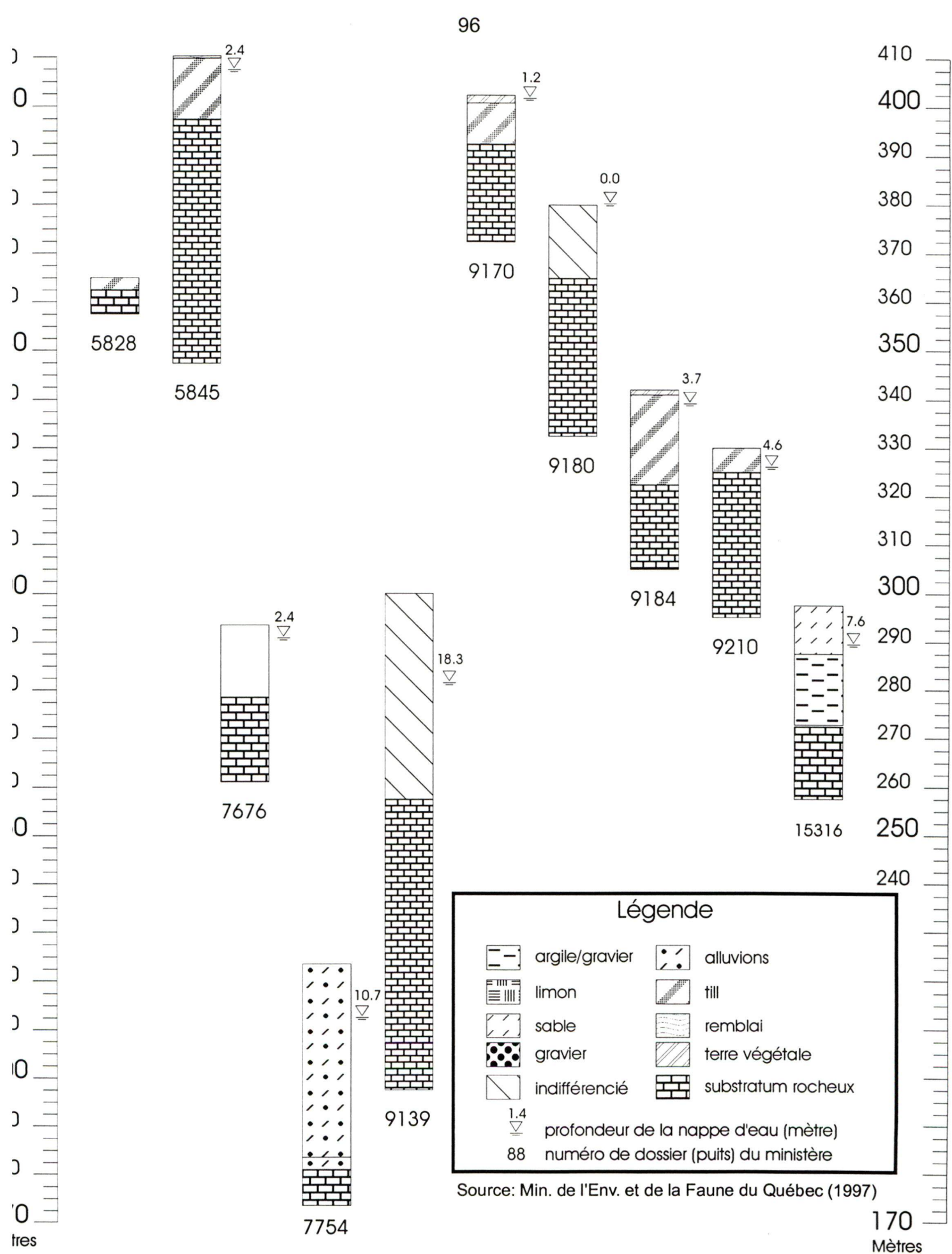


Source: Min. de l'Env. et de la Faune du Québec (1997)

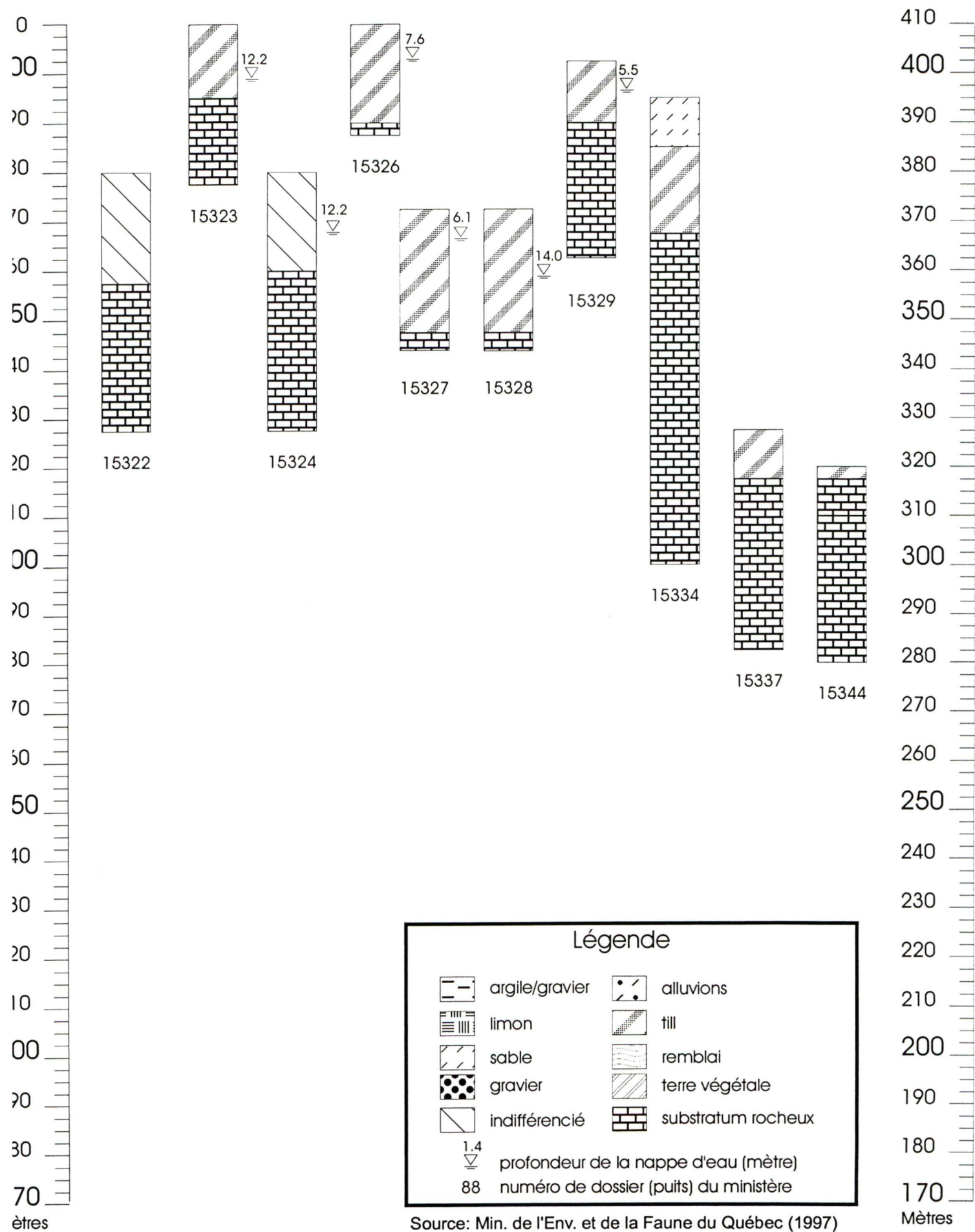




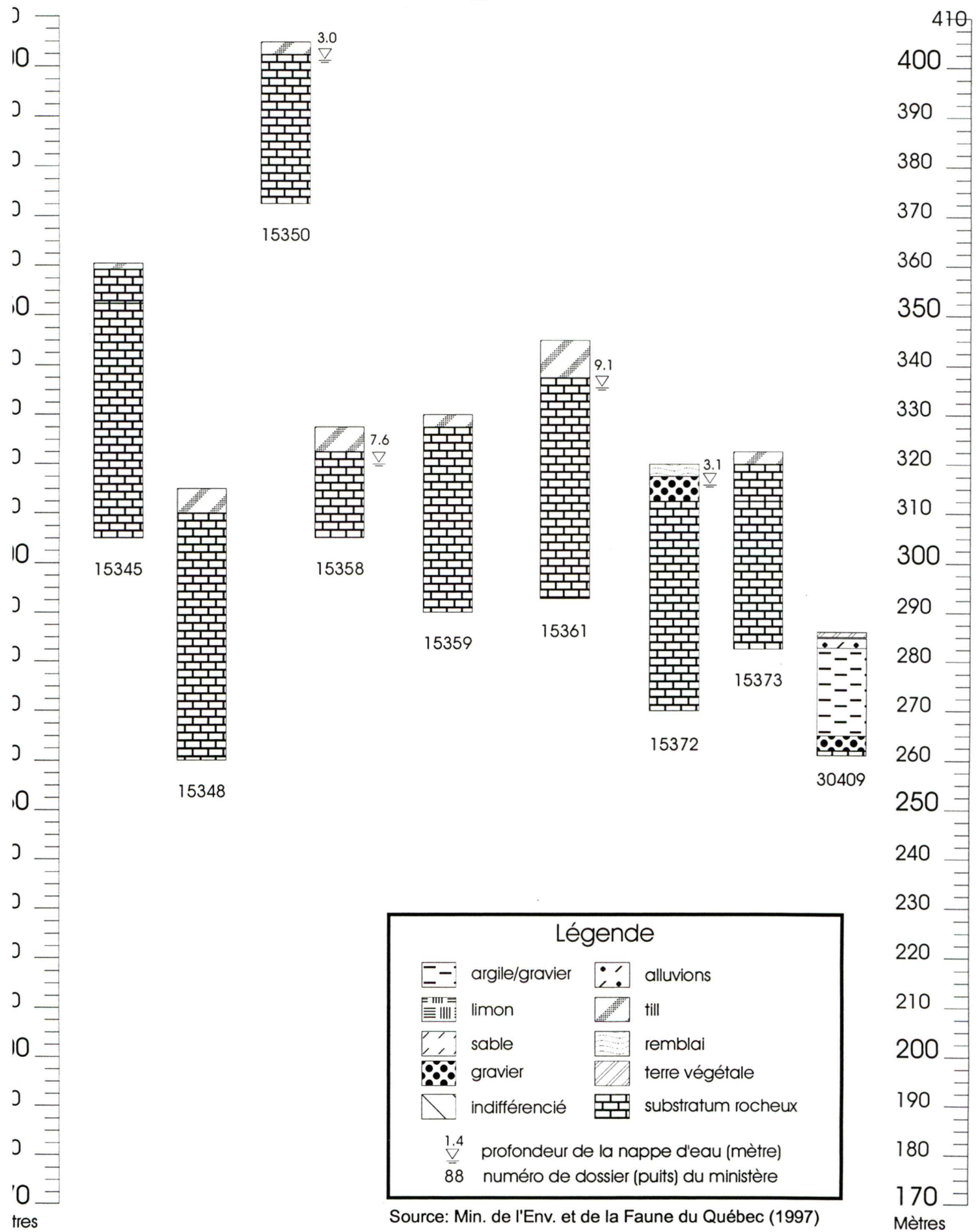




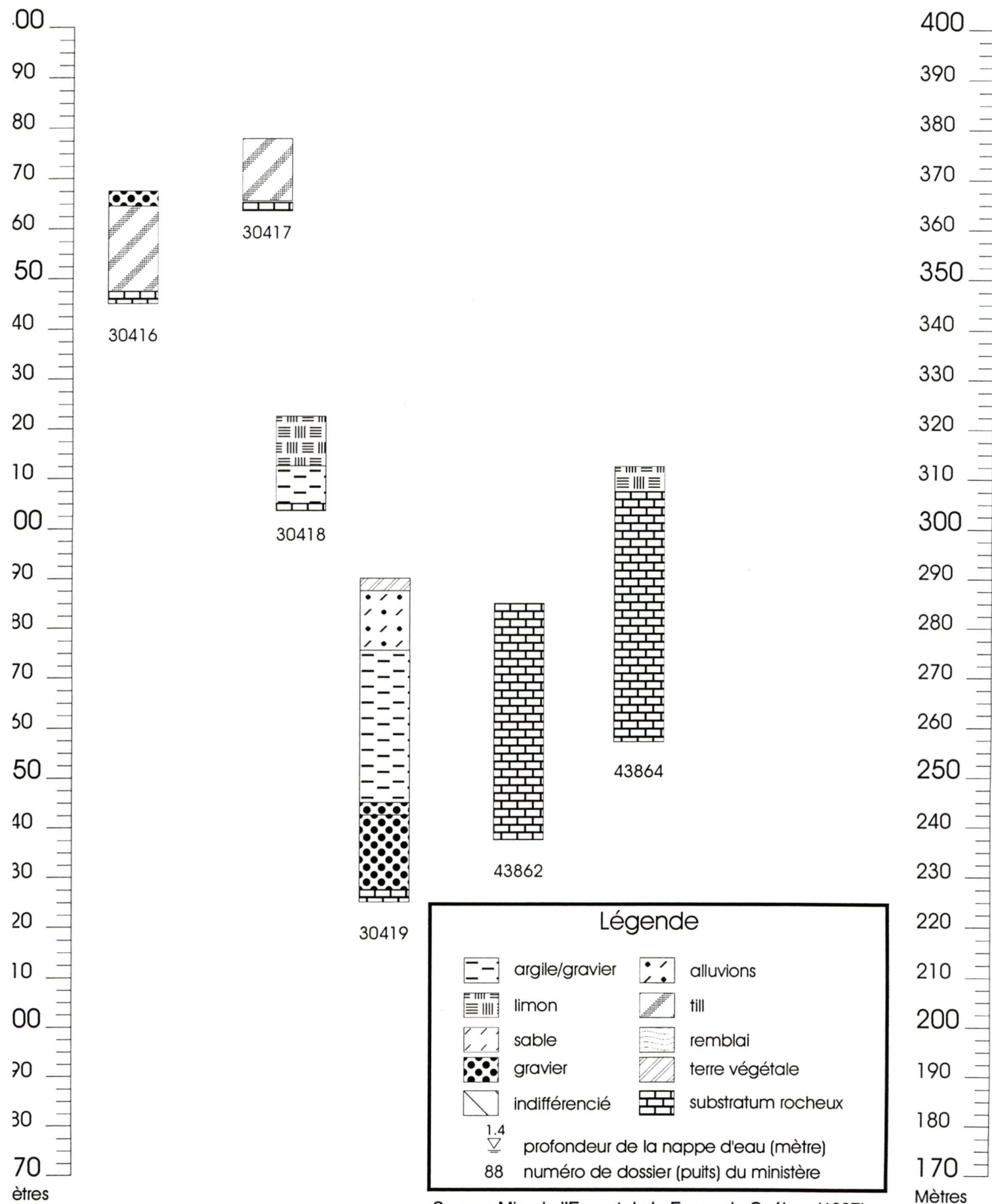




Source: Min. de l'Env. et de la Faune du Québec (1997)



Source: Min. de l'Env. et de la Faune du Québec (1997)



Source: Min. de l'Env. et de la Faune du Québec (1997)